

П. 167/2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

1

1958

НОВОСИБИРСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

17-167/2

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

Н. П. Лазокин. К геоморфологии байкальского шельфа	3
Б. Н. Лапин. К вопросу о генезисе некоторых девонских пирокластических пород Горного Алтая	14
Ф. В. Кузнецова. Гранитизация древних толщ Нечеро-Жунильского района (Байкало-Патомское нагорье)	24
П. Ф. Родионов. Опыт определения азимута и угла падения сланцеватости вмещающих пород и рудных тел на Уральских колчеданных месторождениях по данным метода заряда	33

ХИМИЯ

Т. В. Заболотский, Б. И. Сергеев. К вопросу о выборе схемы высокочастотного генератора для осуществления разряда и методики измерения тока, напряжения и мощности	44
Ю. Л. Плинер. Влияние нагрева шихты и электроподогрева жидких шлаков на показатели алюминотермической выплавки ферротитана	56
Е. И. Маслова, И. С. Лилеев. О взаимодействии между Li_2O , Al_2O_3 , SiO_2 и CaO при температурах спекания	63

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Г. С. Деятов. К вопросу повышения эффективности систем разработки Прокпьевско-Киселевского месторождения Кузбасса	71
К. В. Бирик. К совершенствованию разработки мощных пластов Букачинского каменноугольного месторождения	82
А. И. Васильев, В. М. Ресурсы Тюмени	93
Г. А. Распиев. Об у	108
Л. В. Бардунов. Но	117
С. У. Строганов. К	122
Г. А. Пешкова. Ре	126
А. В. Ронгинска	131
Л. М. Пахомов.	141
Вторая научно-	150
Совещание зоол	152
Ценное библиог	155

П-167/2 П-19750

1958

№ 1

Ивестия Сибирск
отд. АН СССР

7 р.

П-19750

ИЗВЕСТИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

1

02.061.17

Н. П. ЛАДОХИН

К ГЕОМОРФОЛОГИИ БАЙКАЛЬСКОГО ШЕЛЬФА

В настоящее время накоплены данные, которые свидетельствуют о большом разнообразии подводного рельефа Байкала, характеризующегося некоторыми чертами, свойственными обычно крупным морским бассейнам и океанам. Берега Байкала на значительном протяжении окаймлены мелководной полосой, которая может считаться морфологическим аналогом более крупных материковых отмелей или шельфа. На внешнем крае байкальский шельф заканчивается обрывом, переходящим в крутой подводный склон, который представляет собою подобие еще более грандиозных материковых склонов. На бортах впадин Байкала широко распространены каньонообразные формы рельефа, являющиеся аналогами типичных океанических каньонов.

В данной статье мы ограничимся характеристикой лишь основных особенностей рельефа байкальского шельфа, который изучен более подробно, чем остальная часть дна Байкала.

До глубины 100 м эта зона дна была исследована в 1897—1903 гг. промерами Гидрографической экспедиции [1]. Хотя карты атласа Байкала, составленные экспедицией, сейчас несколько устарели, они все же дают довольно подробное представление о рельефе прибрежной мелководной полосы озера, особенностях распределения и составе грунта. Эти карты послужили для нас основным исходным материалом при характеристике рельефа байкальского шельфа. По юго-восточному побережью они были дополнены исследованиями, проведенными нами в 1952—1954 гг. [2].

Шельф является очень важным элементом подводного рельефа. В пределах шельфа глубины отличаются небольшой величиной, нарастание их от уреза к внешнему краю происходит медленно и уклоны дна невелики. Это область наибольшей гидродинамической активности, в пределах которой осуществляется продольное и поперечное перемещение донных наносов, а развитие рельефа дна происходит главным образом под воздействием волновых факторов. Морфология берегов тесно связана с характером динамических процессов, происходящих именно в этой мелководной зоне дна.

На Байкале протяженность берегов, окаймленных полосой мелководья или шельфом, по ориентировочным подсчетам, составляет около 60%, а берегов без шельфа — около 40% всей береговой линии озера. Шельф отсутствует или слабо развит во многих местах: у подножья высоких и крутых берегов, омываемых водами озера, а также в местах, где вершины подводных каньонов подходят прямо к линии берега, и, наконец, там, где речные дельты, выдвигаясь в озеро, перекрывают шельф вплоть до его внешнего края.

По своему генезису байкальский шельф может быть, до некоторой степени условно, разделен на два основных типа: абразионный и аккумулятивный. Преобладает первый тип, что подтверждается нашими исследованиями в пределах южного Байкала. Шельфы второго типа

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

д-р хим. наук В. Т. Быков, проф. Т. Ф. Горбачев (зам. главного редактора), член-корр. Н. Н. Дубинин, д-р техн. наук К. Н. Коржавин, канд. экон. наук В. А. Кротов, д-р хим. наук А. А. Николаев, д-р техн. наук И. И. Новиков, д-р геол.-мин. наук М. М. Одинцов, канд. геол.-мин. наук Г. Л. Поспелов, д-р геол.-мин. наук И. С. Рожков, д-р физ.-мат. наук Ю. Б. Румер, акад. С. Л. Соболев (главный редактор), д-р биол. наук К. А. Соболевская, член-корр. А. А. Трофимук.

Адрес редакции: г. Новосибирск, ул. Мичурина, 23.

приурочены преимущественно к областям интенсивного накопления рыхлого терригенного материала, главным образом, к устьевым участкам крупных рек — притоков Байкала.

Среди абразионных шельфов в первом приближении можно выделить:

1. Шельф против высоких берегов, сложенных кристаллическими породами докембрия.
2. Шельф против низких берегов, образованных: а) песчано-галечными озерно-речными отложениями четвертичного возраста, б) галечно-валунными отложениями ледникового происхождения, в) песчано-глинистыми породами третичного возраста.

Против перечисленных берегов шельф отличается по морфологическим особенностям, в том числе по ширине, глубине на внешнем крае и среднему наклону дна.

Высокие берега с абразионным шельфом распространены весьма широко. Протяженность их составляет почти 21% всей длины береговой линии Байкала. Значительная часть этих берегов у своего основания окаймлена полосой рыхлых четвертичных отложений террасового происхождения. Берега подобного типа характерны для восточного побережья Байкала, в частности для участков между р. Слюдянкой и р. Мурино, для средней котловины озера между мысом Сухинским и районом бухты Максимихи и севернее для ряда пунктов северо-восточного побережья.

Ширина шельфа варьирует в значительных пределах. Узкие* шельфы характеризуются небольшими глубинами и значительными уклонами дна и, наоборот, на широком шельфе обычно отмечается увеличение глубин и уменьшение уклонов. Морфологическая характеристика шельфа приводится в табл. 1.

Таблица 1

Средняя глубина, ширина и наклон дна на шельфе против высоких берегов, сложенных кристаллическими породами и окаймленных террасовыми отложениями

Характер дна	Ширина шельфа, м	Глубина на внешнем крае, м	Угол наклона дна
С узким шельфом	470	14,3	1°43'
С широким шельфом	1660	18,4	0°40'

Наиболее узок и круто наклонен шельф против высоких берегов, где отсутствуют или слабо развиты окаймляющие рыхлые террасовые отложения. В таких местах ширина шельфа уменьшается в среднем до 380 м, глубина на внешнем крае составляет 13,6 м, а угол уклона увеличивается примерно до 2°10'. Типичный профиль шельфа для этого участка берега приводится на рис. 1.

Берега с широким шельфом приурочены в основном к восточному побережью средней котловины Байкала. Так, очень широк шельф в районе губы Максимихи и мысов Черного, Билютинского, Каткова, Туркинского и некоторых других.

Рельеф шельфа против описанных берегов отличается значительными неровностями. Многочисленные выступы коренного дна начинаются обычно с глубины 2—2,5 м. В зоне малых глубин (до 2,5 м) дно, в боль-

шинстве случаев ровное, бывает сплошь покрыто остроугольными обломками, которые представляют собой элювий коренных пород. Морозное выветривание господствует в самой верхней части профиля, где происходят систематические перемещения уреза воды в связи с колебаниями его уровня. На больших глубинах повсеместно замечаются следы химического выветривания, которые выражаются в образовании окислов железа на поверхности камней. Под влиянием подводного выветривания кристаллические породы теряют свою прочность и легко разламываются на куски, превращаясь в дресву.

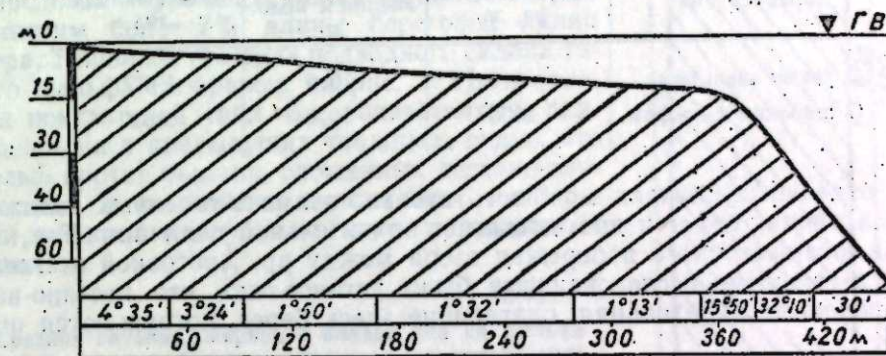


Рис. 1. Профиль дна против высоких берегов, образованных кристаллическими породами.

Большой каменностью отличается значительная часть шельфа, окаймляющего высокий восточный берег средней котловины озера. Подводные и надводные камни, а также каменные банки распространены в частности против мысов Бученково и Максимихи, южнее р. Белокаменки, в губе Катково и в районе мысов Повалишина, Песчанного, Россыпного и во многих других местах. Наиболее крупной отмелью на шельфе является банка Лиственничная, расположенная в 3600 м от берега севернее бухты Безымянной. На банке глубина не превышает 1,5 м тогда, как рядом с ней глубины составляют около 10 м. Расположенный восточнее остров Лиственничный окаймлен многочисленными подводными и надводными скалами. Они представляют собой абразионные останцы, фиксирующие прежние границы острова.

Абразионные шельфы вдоль низких берегов распространены менее широко, чем вдоль высоких. В этой группе берегов значительный удельный вес занимают берега, сложенные песчано-галечными отложениями с валунами в основном озерно-речного и флювиогляциального происхождения. Берега подобного типа занимают около 15% всей длины береговой линии Байкала и широко распространены на юго-восточном побережье озера между рр. Бабха — Солзан, Солзан — Осиновка, восточнее р. Мурино вплоть до начала Муриной банки, между рр. Паньковкой и Снежной, к востоку от р. Выдрино до р. Дулихи, в районе ст. Боярской и несколько восточнее ее. В пределах восточного побережья средней котловины Байкала такой же берег в губе Малая Сухая, Таланка, Безымянная и в некоторых других местах.

Севернее, на северо-восточном берегу озера шельф вдоль низких берегов, сложенных песчано-галечными отложениями с валунами, распространен, главным образом, против Сосновско-Таркуликской низменности, против низменности р. Язовки, в значительной части мыса Кабаньего, бухты Иринды и в других местах. На западном берегу озера следует отметить шельф вдоль низменности Онгуренской, отчасти Кочериковской.

* К узкому шельфу мы относим мелководную террасу, ширина которой не превышает 1 км. Шельф большей ширины отнесен нами к группе широкого шельфа.

Как и в предыдущем случае, в зависимости от ширины шельфа находится его глубина на внешнем крае и величина наклона дна. Ниже приводится табл. 2, характеризующая основные морфологические особенности шельфа, а также типичный профиль дна (рис. 2).

Таблица 2.

Средняя глубина, ширина и наклон дна на шельфе против низких берегов, сложенных песчано-галечными отложениями с валунами

Характер дна	Ширина шельфа, м	Глубина на внешнем крае, м	Угол наклона дна
С узким шельфом	510	16,0	1°47'
С широким шельфом	2000	19,0	0°33'

В отдельных случаях мощность песчано-валунно-галечных отложений, слагающих берег и дно, достигает значительной величины. Так, на участке юго-восточного побережья озера между рр. Аносовкой и Паньковкой детальными исследованиями было установлено, что песчано-валунно-галечные образования, слагающие здесь берег, погружаются под

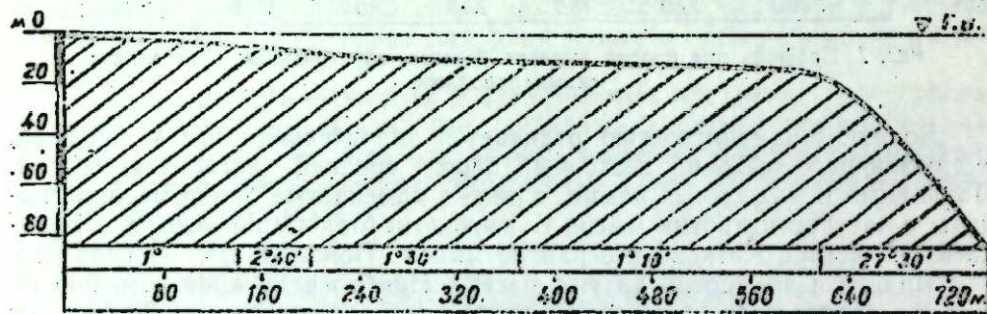


Рис. 2. Профиль дна против низких берегов, сложенных песчано-галечными отложениями.

уровень озера и образуют дно. Разрыв их, отступление берега и возникновение шельфа сопровождалось удалением мелкого песчаного материала и своеобразным распределением на дне крупных валунов. Валун, достигающие 0,5 м в диаметре, образуют сплошной покров, лежат неподвижно и так плотно, что дно напоминает мостовую, выложенную булыжником. Водолазам только с большим трудом удавалось при помощи лома отделять валуны от подстилающих их отложений. Под сплошным слоем крупных валунов обычно обнаруживались песчано-галечные отложения с валунами, аналогичные обнажающимся в береговых клифах. Дно, образованное сплошным слоем валунов, на берегах Камчатки было описано В. П. Зенковичем [3] под названием глыбового бенча. Вероятно, подобное явление имеет широкое распространение в пределах многих абразионных шельфов, где побережье сложено отложениями, в составе которых наряду с мелким материалом есть в достаточном количестве и крупный, который не может быть унесен волнами в береговом потоке и при отступании берега под действием абразии остается на месте, выстилая собою дно. Поэтому наличие глыбового бенча служит прямым указанием на абразионное происхождение шельфа. Сплошной слой валунов на шельфе создает прочную поверхность, по условиям размыва несколько приближающуюся к участкам дна, сложенным кристаллическими породами.

Там, где валунов в составе отложений, образующих берег, немного, сплошного покрова (глыбового бенча) не образуется.

Иной рельеф имеет шельф вдоль низких берегов, сложенных песчано-глинистыми породами третичного возраста. Берега подобного типа распространены в основном на юго-восточном побережье Байкала в районе между р. Шестипалихой и р. Мантурихой, а также в пределах Муринской банки. Они занимают немногим более 7% длины береговой линии озера. Типичный профиль подводного склона такого шельфа изображен на рис. 3. Из сравнения показателей табл. 3 с показателями, приведенными в предыдущих таблицах, видно, что шельф против берегов, сложенных песчано-глинистыми отложениями, отличается наибольшей шириной и глубинами при минимальных уклонах.

Таблица 3

Средняя глубина, ширина и наклон дна на шельфе против низких берегов, образованных третичными песчано-глинистыми отложениями

Характер дна	Ширина шельфа, м	Глубина на внешнем крае, м	Угол наклона дна
С узким шельфом	820	18,0	1°15'
С широким шельфом	2550	20,0	0°27'

В процессе общей планации дна и выработки профиля равновесия третичные породы, состоящие из переслаивающихся пластов разной прочности (глина, пески, угли, мергели), подвергаются интенсивному, но неравномерному разрушению. В результате избирательной абразии относительно прочные породы образуют на дне уступы, стены, отдельные скалы, а более податливые размыву — желобообразные углубления, канавы и т. д. Конфигурация этих форм во многом определяется элементами залегания пластов, т. е. структурными особенностями третичной толщи. В местах, где третичные отложения сильно дислоцированы в результате тектонических движений или оползней, пласты пород приобретают весьма сложные складчатые структуры, нарушенные разрывами [2].

Небольшие уступы часто имеют извилистые очертания и прослеживаются на большом протяжении вдоль берега. В отдельных случаях они могут создать ложное впечатление погруженных береговых линий — затопленных террас. На водолазных станциях отмечены пласты угля и плотных глин, падающие под большим

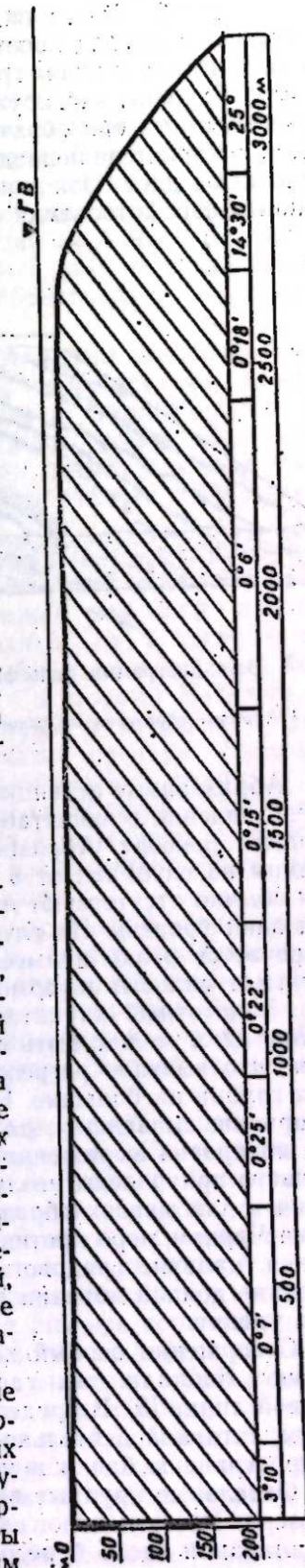


Рис. 3. Профиль дна против низких берегов, образованных третичными песчано-глинистыми отложениями третичного возраста.

углом (до 25—30°), в виде гряд высотой 2—3 м и более. Иногда система параллельных гряд простирается на значительном протяжении вдоль берега. В других случаях гряды разрушены размывом и образуют отдельные скалы. Глубины варьируют в широких пределах в зависимости от высоты гряд. Местами они образуют банки, опасные для судоходства. Представление о характере подводного рельефа в области распространения третичных пород дает блок-диаграмма, составленная В. С. Воропиновым по данным аэрофотосъемки (рис. 4).

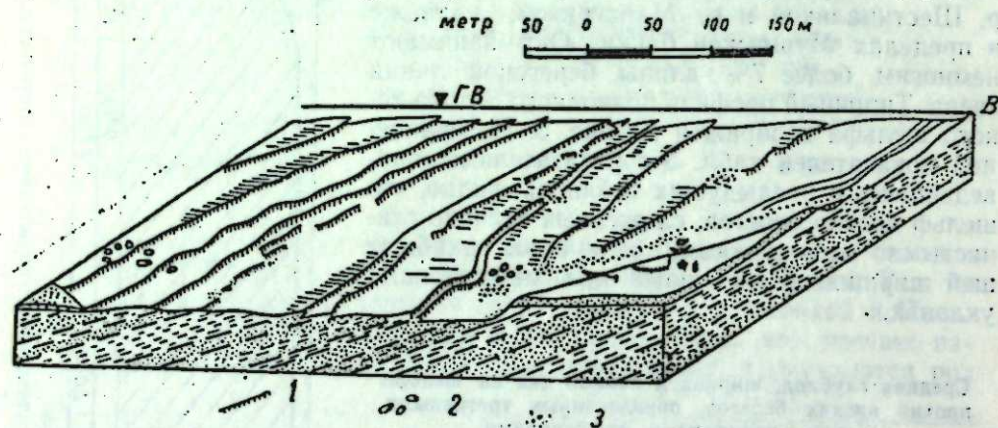


Рис. 4. Блок-диаграмма рельефа дна на участке шельфа, сложенного песчано-глинистыми отложениями:
1 — гряды, образованные относительно прочными породами; 2 — валуны ледникового происхождения; 3 — песок.

Абразионные останцы, поднимающиеся над поверхностью дна, дают представление о масштабе донной абразии и ее значении в выработке рельефа шельфа. Абразионные формы рельефа распространены в основном на глубинах от 5 до 12 м. На меньших глубинах вблизи уреза они обычно отсутствуют из-за донной абразии, срезающей пласты пород под один уровень. На глубинах более 12 м абразионный микрорельеф встречается редко и имеет зачаточный характер. По-видимому, только волны от сильных штормов могут существенно воздействовать здесь на дно. Зачаточный характер абразионных неровностей дна на глубинах свыше 12 м может быть следствием недавнего понижения уровня Байкала, что вызвало регрессивное продвижение донной абразии с меньших глубин на большие. Недавнее понижение уровня озера, независимо от причин, вызвавших это явление, доказывается наличием здесь молодой прекрасно выраженной 2,5—3 м террасы. К этой террасе на Байкале часто приурочены неолитические стоянки человека. Грядовой рельеф типичен для многих абразионных шельфов. В частности, он был описан [4] на Черном море против берегов, сложенных флишем. С нашей точки зрения, наличие грядового рельефа на шельфе доказывает огромное значение донной абразии в общей планации дна и выработке абразионного уровня.

Совершенно особый характер имеет рельеф шельфа в ледниковых районах Байкала, там, где ледники выдвигались из гор за пределы береговой линии [5]. В пределах шельфа они оставили следы эрозионной и аккумулятивной деятельности. На шельфе ледниковых районов широко распространены банки и мели, образованные скоплением глыб и валунов. Отдельные крупные валуны часто выступают над поверхностью воды озера. Все эти неровности дна создают существенные препятствия при плавании вдоль берегов. Особенно типичен рельеф шельфа на северо-

ро-восточном побережье Байкала к северу от мыса Понгонье. В этом районе озера шельф сложней очень мощной толщей моренных отложений, лишь частично размытых Байкалом. При рассмотрении судоходных карт бросается в глаза большое количество отмелей и банок, расположенных на шельфе. Каменистые банки и отмели находятся против моренных мысов Оргокон, Омагочан, Фролов, Бирея. Наиболее же крупная отмель моренного происхождения лежит на расстоянии 1900 м к западу от мыса Ширакка и вытянута с севера на юг более чем на 1 км. Она носит название «Банки Экспедиции». Глубины на банке едва достигают 6 м, а по направлению к берегу увеличиваются до 34 м. Ниже приводится схематическая карта рельефа шельфа, образованного мореной в районе мыса Бирея (рис. 5).

На приведенной схеме рельефа дна хорошо видны довольно крупные, но пологие, поднятия и понижения, которые соответствуют, по всем данным, частично размытым моренным холмам и разделяющим их западинам. Ледники, спускавшиеся с гор в Байкал, производили большую экзарационную работу. В этом отношении шельф Байкала мало отличается от шельфов других водоемов, где побережье подвергалось сильному оледенению.

Особенно характерно дно губы Аяя, которая в виде сравнительно узкого залива вдается в сушу на 4,5—5 км и в своей восточной части представляет собой нижний отрезок одноименной наземной долины, выводящей к подпрудно-моренному озеру Фролиха. Дно в пределах залива Аяя сильно переуглублено и образует как бы чашу с крутыми бортами. Глубины в заливе достигают 50—60 м. Со стороны Байкала переуглубленный залив Аяя замыкается поперечным подводным моренным валом. По-видимому, он представляет собою древний концевой бассейн, в котором довольно долго лежал Фролихинский ледник, а переуглубление залива было вызвано ледниковой экзарацией. С этой точки зрения, конечная морена на мысу Ширакка и подводное ее продолжение, в виде вала замыкающее бухту Аяя, представляет собою остаток моренного амфитеатра, отложенного ледником.

Экзарационный залив Аяя морфологически во многом отличается от известных на Байкале подводных каньонов. Он имеет нехарактерную для байкальских каньонов большую ширину, корытообразный профиль и небольшие уклоны дна, которое изобилует неровностями. Весьма характерен также и залив Фролиха, расположенный севернее залива Аяя, значительные глубины которого, вероятно, также связаны с деятельностью древнего ледника.

Одной из особенностей байкальского шельфа следует считать ограниченное развитие на его внешнем крае аккумуляционной террасы, что было установлено нашими работами на южном Байкале. Байкальский шельф во многих местах лишен наносов, и на его поверхности выступают коренные породы. Это подтверждается данными гидрографических карт Байкала, на которых в очень многих местах мелководной полосы озера показан каменистый грунт, что косвенно свидетельствует о малой мощности современных осадков и выходах на шельфе коренных пород. Исключение составляют только некоторые участки шельфа, где он, по-видимому, перекрыт сравнительно мощными рыхлыми отложениями. В первую очередь это относится к участкам, прилегающим к устьям некоторых крупных рек. Здесь мощность рыхлых отложений может достигать очень значительной величины. В таких местах шельф представляет собою уже не абразионную, а аккумулятивную террасу, приклоненную к коренному склону впадины озера.

К шельфу имеющему аккумулятивное происхождение, мы относим

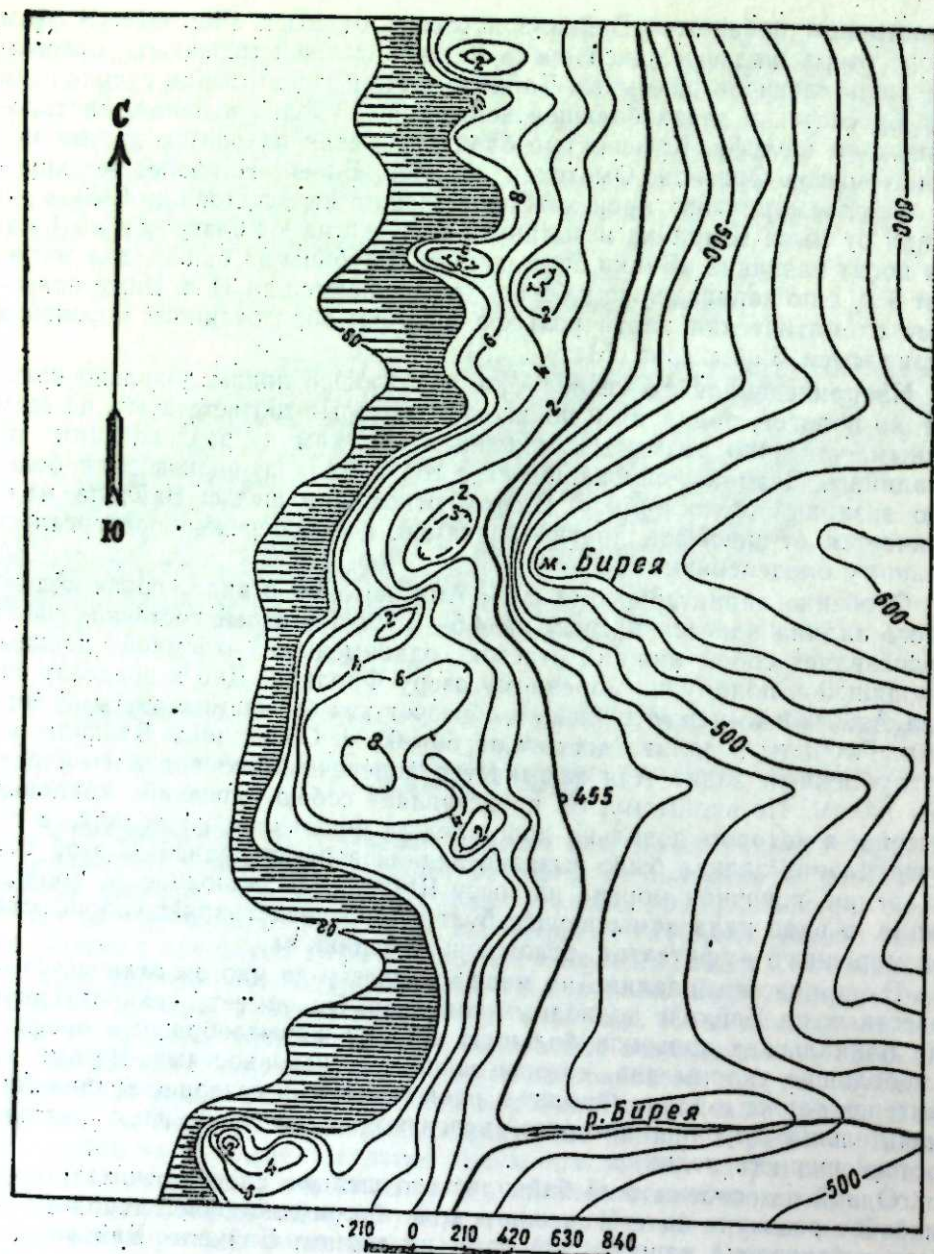


Рис. 5. Рельеф шельфа, образованного моренной в районе мыса Бирея (по данным [2]).

мелководные участки дна против дельты р. Селенги и Бугульдейки, р. Баргузина, Верхней Ангары и некоторых других рек. Кроме того, аккумулятивным шельфом являются, по-видимому, участки мелководного дна в губе Дагарской, в районе Нижне-Ангарска, залива Култук, а также участки с южной стороны некоторых мысов на западном берегу озер — Заворотного, Малого Солонцового, Большого Солонцового и других. Во всех указанных нами местах можно предполагать довольно интенсивное накопление наносов, которое приводит к образованию аккумулятивной террасы, большей частью полого наклоненной к своему внешнему краю. Особенно широка аккумулятивная терраса против

дельты р. Селенги, где она представляет собою, по сути дела, огромную аванделту. В среднем ширина ее равна 4770 м, а дно наклонено под углом $0^{\circ}15'$. Глубины же на внешнем крае достигают 30—40 м. Мощностю отложений в дельте р. Селенги огромна. По геофизическим данным, она составляет на внешнем крае дельты около 5000 м, из них на долю четвертичных отложений приходится не менее 500 м.

К аккумулятивному шельфу, возникновение которого не связано непосредственно с формированием аванделты, можно отнести мелководье в губе Дагарской и в районе Нижне-Ангарска на северо-западном берегу озера. Характерно, что шельф аккумулятивного происхождения располагается здесь, не против низкого берега, а против высокого.

Особенно это относится к району Нижне-Ангарска. В указанных местах мелководье, сложенное в основном песком, расположено не прямо против устьев рр. Верхней Ангары и Кичеры, а в стороне от них. Вероятнее всего, в силу особенностей гидродинамического режима и рельефа коренного дна, некоторая часть твердого стока Верхней Ангары и Кичеры относится к западу и востоку от места впадения рек и, накапливаясь здесь, образует аккумулятивную террасу. Можно думать, что помимо накопления в этих местах речного аллювия, поступающего из названных выше рек, происходит аккумуляция наносов еще и озерного происхождения. Последние должны подаваться сюда транзитным потоком, который в этом районе Байкала движется с юга на север.

Как пример аккумулятивной террасы, целиком образованной за счет накопления наносов озерного происхождения, можно назвать мелководье с южной стороны мыса Заворотного. Здесь происходит аккумуляция озерных наносов, перемещающихся с юга и заполняющих входящий угол, образованный линией коренного берега и выступом пролювиального конуса выноса. Таким образом, на Байкале в первом приближении можно выделить несколько разновидностей аккумулятивного шельфа. Прежде всего выделяются участки шельфа, представляющие собой аванделты крупных рек и приуроченные поэтому непосредственно к их устьям. Затем следует выделить аккумулятивные террасы, расположенные вблизи устьевых участков рек, но образованные не только за счет аккумуляции речного аллювия, а и за счет озерных наносов, выпадающих из транзитных потоков. Наконец, имеются участки шельфа, возникновение которых, как, например, в случае с бухтой Заворотной, почти целиком связано с отложением наносов озерного происхождения.

Весьма интересные выводы получаются при сравнении цифровых показателей, характеризующих основные особенности шельфа. Наибольшие глубины на внешнем крае присущи обычно широким шельфам. С другой стороны, узкие шельфы большей частью мелководны. Абразионные шельфы, шириною до 1 км, в среднем имеют глубину на внешнем крае около 16 м, а шельфы шириной более 1 км имеют глубину около 19 м. Аналогичную зависимость от ширины шельфа испытывает показатель величины его наклона. Обычно самыми пологими являются широкие шельфы, а самыми крутыми — узкие.

Очень большое влияние на морфологию шельфа оказывает состав пород, слагающих берег. Наиболее широкими являются абразионные шельфы против берегов, сложенных слабыми песчано-глинистыми отложениями, а самыми узкими, те, которые находятся против берегов, образованных прочными кристаллическими породами докембрия. Промежуточное по ширине положение занимают шельфы против песчано-галечных берегов. Наиболее резко зависимость глубины и крутизны шель-

фа от геологического сложения берега проявляется на узких шельфах, тогда как на очень широких шельфах (свыше 1,5 км) эта зависимость выражена менее ярко.

Однако в ряде случаев из приведенных общих закономерностей бывают исключения. Так, на восточном берегу средней котловины Байкала против высоких берегов, сложенных кристаллическими породами, встречается нехарактерно широкий шельф, а против берегов, сложенных песчано-глинистыми третичными отложениями, шельф бывает довольно узок. С другой стороны, имеются широкие, но мелководные шельфы и, наоборот, на внешнем крае узких шельфов иногда отмечаются сравнительно большие глубины.

Бесспорно образование шельфа на Байкале представляет собою очень сложный процесс, зависящий от целого ряда причин, учесть которые в каждом конкретном случае при современной изученности Байкала крайне трудно.

Против западных берегов озера шельф отсутствует или же имеет очень небольшую ширину, тогда как против восточных он развит почти повсеместно. Такое неравномерное распределение шельфа между западным и восточным берегами озера указывает на различные геологические условия формирования шельфа.

Крупнейшую роль в формировании шельфа сыграло древнее оледенение. Оно сопровождалось мощной аккумуляцией осадков в прибрежной полосе озера и колебаниями его уровня. Эти колебания были обусловлены в значительной степени гидрократическими причинами, поступлением и изъятием из котловины Байкала больших масс воды, в результате возникновения и таяния древних ледников. Подъем уровня Байкала, по мнению некоторых исследователей, достигал 50—60 м против современного. В результате подъема уровня озера был затоплен древний доледниковый рельеф. На восточном побережье затоплению подверглась, вероятно, широкая полоса низменной суши, располагавшаяся у подножья гор, обрамляющих восточный берег Байкала. Поэтому дальнейшие изменения уровня озера привели к формированию здесь преимущественно широкого шельфа. На западном побережье, в связи с иным доледниковым рельефом, широкий шельф выработаться не мог. Следует учитывать наличие крупных сбросовых дислокаций, сравнительно недавно нарушивших береговую линию западного побережья. На западном берегу Байкала известна целая система молодых кайнозойских сбросов, образующих гигантскую линию разлома, которая протягивается от залива Култук на юге, вплоть до северной оконечности озера. С восточной стороны Байкала сбросы фиксируются преимущественно в некотором удалении от современного берега в виде подводного тектонического уступа. В связи с этим можно предположить, что западный берег относительно моложе восточного. Об этом свидетельствуют не только отсутствие шельфа или слабое его развитие на западе, но и особенности конфигурации береговой линии. Западный берег Байкала расчленен значительно меньше восточного и на большом протяжении отличается исключительной прямолинейностью.

Естественно, что при выработке абразионного шельфа крупнейшее значение имеет интенсивность волнения. Как известно, восточный берег Байкала находится под более активным воздействием волнового фактора, чем западный [6]. Это благоприятствует здесь абразии и выработке шельфа.

Как мы видели, процесс формирования байкальского шельфа не закончен и продолжается в настоящее время. В пределах абразионного шельфа об этом свидетельствует интенсивная абразия, внешним прояв-

лением которой являются многочисленные абразионные формы, а в пределах аккумулятивного шельфа — активно протекающее накопление донных наносов. При формировании шельфа крупную роль играет подводное и морозное выветривание, а также современные вертикальные тектонические движения.

В заключение следует отметить, что байкальский шельф, в отличие от материковых отмелей Мирового океана и крупных морей, значительно более доступен для непосредственного изучения, так как его внешний край расположен на глубинах, не превышающих 20—25 м. Таким образом, он находится в зоне дна, которая может быть легко и детально исследована при помощи водолазных работ и аэрофотосъемки.

Естественно, что между байкальским шельфом и шельфом Мирового океана нельзя ставить знак тождества, однако, дальнейшее детальное изучение байкальского шельфа должно дать ценный материал, который, безусловно, поможет решить ряд важных вопросов общей проблемы происхождения шельфа.

Восточно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
3/V 1957.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. К. Дриженко, Атлас озера Байкал. Составлен гидрографической экспедицией под нач. полковн. Дриженко, Изд. Гидрограф. Управлен., Спб, 1908.
2. Н. П. Ладохин, О рельефе дна южной части озера Байкал. Известия АН СССР, сер. географич. № 1, 1957.
3. В. П. Зенкович, Глыбовый бенч как показатель погружения берега. Тр. ин-та океанологии, т. IV, 1949.
4. В. В. Лонгинов, Грядовые формы подводной абразии. Труды ин-та океанологии, т. VI, 1951.
5. Н. П. Ладохин, О древнем оледенении Баргузинского хребта. Материалы по изучению производ. сил. Б.-М. АССР, вып. 1, АН СССР, Улан-Удэ, 1954.
6. Г. Ю. Верещагин, Байкал. Иркутск, 1947.

Б. Н. ЛАПИН

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ НЕКОТОРЫХ ДЕВОНСКИХ ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ПОРОД ГОРНОГО АЛТАЯ

Девонский или раннегерцинский магматический этап в Горном Алтае характеризовался напряженной вулканической деятельностью, развившейся в излиянии лав, главным образом, андезито-дацито-риолитового состава, и накоплении большого количества разнообразного пирокластического материала. Производной этого вулканизма является сложная вулканогенная формация, представленная в различных структурно-фациальных зонах Горного Алтая различными свитами. В пределах Ануйско-Чуйской впадины известны онгудайская, куратинская, коргонская и другие эффузивно-осадочные свиты; на востоке Горного Алтая, в Уйменском прогибе — уйкараташская и учальская (кылайская) свиты. Начало эффузивной деятельности, по-видимому, относится к концу эпохи нижнего девона, а наиболее активное ее развитие — к эйфельскому и живетскому векам [1].

Девонская вулканогенная формация Горного Алтая, так же как и эффузивный комплекс Рудного Алтая, вызывает к себе определенный интерес, в связи с известными представлениями о генетической связи с ними проявлений полиметаллического оруденения [2, 3]. Для решения этих вопросов в Горном Алтае лабораторией рудных месторождений Института геологии ЗСФАН проводятся специальные тематические геолого-петрографические исследования.

В ходе этих исследований, при изучении некоторых разрезов девона, в составе эффузивно-пирокластических образований были обнаружены породы, обладающие характерными особенностями. Как показали наши детальные наблюдения, эти породы занимают среднее положение между обычными туфами и эффузивами (лавами) и по ряду признаков должны быть отнесены к туфоловам типа игнимбритов Армении, Италии и др. [4—8]. Установленные в Горном Алтае туфоловы залегают в верхних частях разрезов эффузивно-пирокластических свит, где преобладает туфовый материал, а лавы занимают подчиненное значение (рис. 1).

Как известно, геологии и петрографии туфолов было посвящено много работ как у нас, так и за рубежом, однако, до сих пор нет пока еще единой точки зрения на генезис этих сравнительно редких и оригинальных эффузивных образований [4—16]. В указанных работах, посвященных туфам и туфоловам (игнимбритам) Армении, итальянским пиперно, асо-лавам Японии, риолитовым туфам Йеллоустонского парка, бишопским туфам Восточной Калифорнии и др., описываются молодые (третичные и четвертичные), т. е. кайнотипные эффузивно-пирокластические породы, в которых процессы изменения и перекристаллизация либо вовсе не происходили, либо происходили в незначительной степени. Естественно, что палеозойские туфоловы, сильно измененные вторичными процессами, являются более сложными породами и требуют поэтому детального и тщательного наблюдения.

Рассматриваемые в настоящей статье девонские туфоловы, палеотипные аналоги игнимбритов, обнаружены нами в ряде районов Горного Алтая: в долинах рек Коргон и Урсул, по р. Ак-кае, притоку р. Чаганузуна, а также на северо-востоке Горного Алтая, в Уйменском прогибе: по р. Баюк, левому притоку р. Каракокши и в районе г. Бель-бассейн

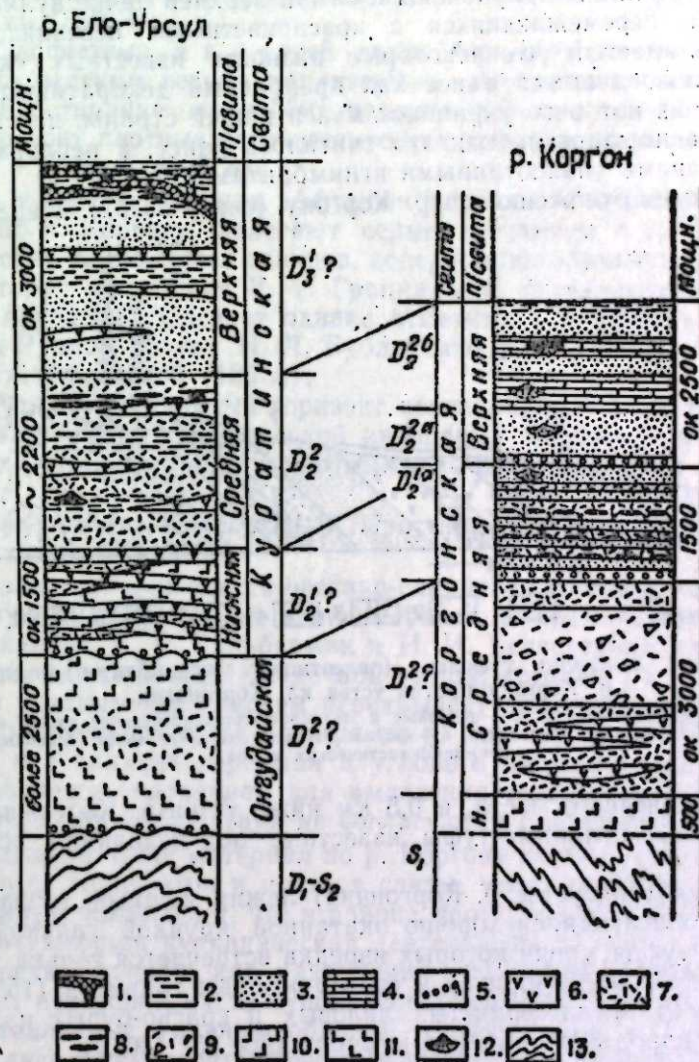


Рис. 1. Положение горизонтов туфолов (палеотипных игнимбритов) в некоторых стратиграфических разрезах девонских отложений Горного Алтая:

- 1 — габбро-диабазы (силлы, дайки, штоки); 2 — глинистые сланцы;
- 3 — песчаники; 4 — известняки, мергели; 5 — конгломераты; 6 — порфиры, фельзиты, кварцевые кератофиры; 7 — туфы и кислых и основных эффузивов; 8 — туфоловы (палеотипные игнимбриты); 9 — агломерато-брекчии; 10 — плагиоклазовые и роговообманковые порфиры; 11 — пироксеновые порфиры; 12 — фауна; 13 — терригенные толщи нижнего девона и силура.

р. Чебдар, приток р. Башкауз. Туфоловы в девонских вулканогенных толщах имеют, видимо, распространение и на территории Рудного Алтая (Г. А. Аникиенко). Следует ожидать, что при дальнейших геологических исследованиях пирокластических и эффузивных толщ Горного Алтая и смежных территорий могут быть выявлены новые районы рас-

пространения подобных пород, которые принесут дополнительные данные, проливающие свет на их генезис.

В известном разрезе по р. Коргону, описанному в свое время П. П. Филиппенко [17], а затем изучавшемуся многими исследователями (В. А. Кузнецов, Я. Р. Зильберман, Р. Т. Грацианова, И. И. Белостоцкий и др.), туфолавы приурочены к самой верхней пачке вулканогенных образований, перемежающихся с красноцветными песчаниками. Сейчас устанавливается, что некоторые разности известных «коргонских яшм», использовавшиеся ранее как прекрасный декоративный материал, изделия из которого украшают музеи нашей страны, на самом деле являются не порфирами, как это считалось ранее, а пепловыми туфами и туфолавами (палеотипными игнимбритами).

Разрез этих отложений по р. Коргону (снизу вверх) представлен на рис. 2:

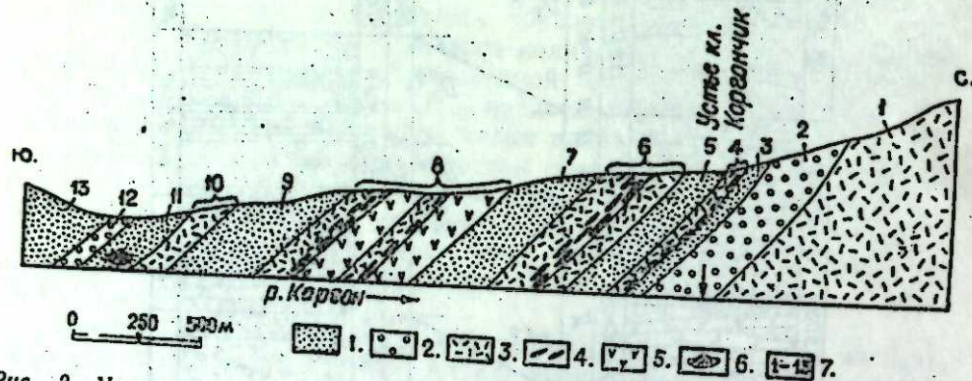


Рис. 2. Условия залегания туфолав (палеотипных игнимбритов) в разрезе по р. Коргону против устья кл. Коргончика.

1 — песчаники; 2 — конгломераты; 3 — пепловые и литокристаллокластические туфы; 4 — туфолавы (игнимбриты); 5 — порфиры, фельзиты; 6 — фауна; 7 — горизонты и пачки осадочных и эффузивно-пирокластических пород.

- 1) около висячего моста, в 0,5 км ниже устья р. Коргончика обнажаются красные пепловые туфы, известные под названием «сургучные яшмы»;
- 2) на них (при устье р. Коргончик) лежит мощный горизонт конгломератов, слагающийся хорошо окатанной крупной галькой кислых эффузивов и туфов, среди которых изредка встречается галька темных и розовых известняков, диоритов и светло-розовых гранитов (150 м);
- 3) горизонт среднезернистых лиловых и красно-бурых песчаников, простираение пород 305° , падение юго-западное 55° (30 м);
- 4) на песчаниках с резкой границей контакта залегают лилово-красные туфолавы, переходящие постепенно в пепловые туфы (12 м);
- 5) горизонт красных песчаников; простираение горизонта северо-западное 310° , падение юго-западное под углом 60° (95 м);
- 6) выше следует пачка пирокластических пород; нижняя часть пачки сложена красными кристаллокластическими и пепловыми туфами, на которые с резкой границей налегают темно-серые туфолавы, сменяющиеся постепенно такого же цвета пепловыми туфами; верхняя часть пачки представлена пирокластическими породами, аналогичными ее низам (200 м);
- 7) горизонт красных песчаников; простираение пород 305° , падение юго-западное 55° (180 м);
- 8) выше залегает сложная эффузивно-пирокластическая пачка пород. Нижние части слагаются чередующимися потоками красновато-ли-

ловых, нередко флюидальных кварц-плагноклазовых («копейчатых») порфиров, на которых с резкой границей в основании залегают туфолавы и выше туфы серого цвета. Вторая половина пачки имеет приблизительно такое же строение: на серых флюидальных («струйчатых») лавах фельзит-порфиров с резкой границей ложатся темно-серые туфолавы, сменяемые постепенно красными кристаллокластическими и пепловыми туфами (360 м);

9) красноцветные, а в верхней части горизонта серые песчаники, содержащие местами весьма характерные «журавчики» карбонатного вещества; простираение пород 300° , падение юго-западное 60° (250 м);

10) горизонт плотных литокластических туфов темно-лиловых в почве и серых в кровле (6—7 м);

11) на туфах, венчающих эффузивно-пирокластические образования в разрезе по р. Коргону, залегают серые песчаники с горизонтом (в верхней части) темно-серых сланцев, содержащих обильную фауну брахиопод, которая по данным Р. Т. Грациановой характеризует низы эйфельского яруса [18]. Следует однако отметить, что близкую по составу фауну в Рудном Алтае Н. Л. Бубличенко [19] считает в последнее время верхнеэйфельской (125 м);

12) внутриформационный горизонт конгломератов с обильной и хорошо окатанной и крупной галькой кварцевых порфиров, реже серых известняков, отличающийся плотным высококремнистым цементом (20—50 м);

13) слоистые серые песчаники. Простираение северо-западное 300° , падение юго-западное 55° .

Выше залегает мергелисто-песчано-сланцевая толща с обильной животной фауной [18]. Горизонт конгломератов с кремнистым цементом Р. Т. Грацианова, Я. Р. Зильберман и И. И. Белостоцкий считают базальным для вышележащей осадочной толщи, которая, по их мнению, с небольшим угловым несогласием перекрывает эффузивно-осадочные отложения приведенного выше разреза по р. Коргону. И. И. Белостоцкий указывает, что наличие перерыва и углового несогласия между этими толщами является основанием для выделения тельбесской фазы складчатости [20]. Наши наблюдения не согласуются с подобными выводами.

Приведенный выше материал по р. Коргону подтверждает согласное залегание всех горизонтов и пластов свиты, моноклинально падающих на юго-запад, и показывает, что в районе протекала интенсивная, но постепенно затухающая вулканическая деятельность и существовали прибрежно-морские условия для накопления отложений с периодическим затоплением некоторой части суши. Вулканические продукты извержения, представленные, главным образом, пирокластическим материалом, формировались в самостоятельные горизонты лишь в поверхностных условиях, а попадая в водную среду, перемывались и перемешивались с терригенными осадками. Только этим, вероятно, и можно объяснить сравнительно узкое по площади распространение весьма характерных вулканогенных пород Коргонского района.

Туфолавы в долине р. Коргона образуют четыре самостоятельных пласта, приуроченных к самым верхним горизонтам серии вулканических образований. Во всех случаях макроскопически туфолавы скорее напоминают эффузивные породы, чем пирокластические образования, и обладают массивным сложением, раковистым изломом и чаще всего лилово-серой и серой окраской. Красные же пирокластические породы относятся к пепловым и литокристаллокластическим туфам. Часть туфолав характеризуется афанитовым сложением и не обнаруживает невооруженным глазом обломочной структуры, другая часть изобилует различ-

ными по составу и форме обломками, имеющими ориентированное или беспорядочное расположение. Размеры и форма обломков бывают самые разнообразные, преобладают мелкие обломки, средний размер которых не превышает 0,1—0,3 см и только отдельные из них достигают до 1—1,5 см, реже 10—15 см. Форма обломков неправильно-изометричная, неправильно-угловатая, либо линзовидно-вытянутая (пламевидная); последние имеют ориентированное расположение и расплывчатые границы. У некоторых пород как с афанитовым строением, так и у переполненных различными обломками наблюдается четкая, ритмичная, правильно-полосчатая флюидалность. Пузырьки и поры (характерные для молодых туфолав Армении, Италии, Бразилии, Восточной Калифорнии и др.) в описываемых породах отсутствуют. Лишь изредка можно встретить миндалины-пустоты, выполненные вторичными минералами.

Нижние границы туфолав с подстилающими породами-туфами, эффузивами или песчаниками всегда четкие, какого-либо особого изменения нижежащих пород не наблюдается. Туфолавы во всех случаях перекрываются туфами, чаще красноцветными, с постепенными взаимопереходами. Нормальные туфы отличаются от вышеописанных пород тем, что они не имеют плотного и массивного сложения, излом у них, как правило, не раковистый, а занозистый, обильный обломочный материал плохо отсортирован, границы обломков четкие, слоистость и полосчатость отсутствуют.

Под микроскопом у туфолав наблюдается обломочная структура, раскристаллизованная за счет мелких обломков кристаллобластовая кварцполевошпатовая масса цементирует грубо ориентированные кусочки фельзитоподобных пород и порфиритов с пилотакситовой структурой (рис. 3а). Туфолавы, как и другие пирокласты и эффузивы приведенного разреза по р. Коргону, обогащены равномерно-распределенным пылевидным рудным материалом — гематитом и содержат единичные зерна циркона.

Нормальные туфы имеют типичную литокристаллокластическую и витрокластическую структуры, различные размеры, неправильные формы обломков, совершенное отсутствие сортировки материала и отсутствие слоистости или полосчатости (рис. 4а). Обломки, обладающие всегда довольно ясными ограничениями, представлены преобладающим кислым плагиоклазом, кварцем, фельзитами, порфиритами и измененными неопределимыми породами. Цементирующая масса состоит из характерных «рогульчатых» осколков раскристаллизованного стекла и сильно обогащена сыпью рудного материала.

Переходные породы под микроскопом выглядят как витрокластические туфы, рогульчатые частицы которых явно спаяны друг с другом (рис. 4б).

Вторичные процессы изменения — серицитизация, кальцитизация, реже хлоритизация и эпидотизация, развиты вообще очень незначительно и сильнее проявляются только в нормальных туфах.

Второй участок, где также изучались девонские туфолавы, расположен в долине р. Урсул, на левом склоне его долины, вблизи д. Каракол. В районе широко распространена мощная толща пирокластических образований, среди которых спорадически встречаются горизонты туфолав, прослеживающиеся на десятки и сотни метров. По отношению к туфам туфолавы занимают явно подчиненное значение. Наиболее отличительной чертой туфолав, распространенных в районе д. Каракол, является небольшая мощность некоторых горизонтов, составляющих всего лишь 3—5 см. Туфолавы здесь чередуются с пачками агломератов, туфобрекчий, плохо отсортированных туфов и маломощных горизонтов

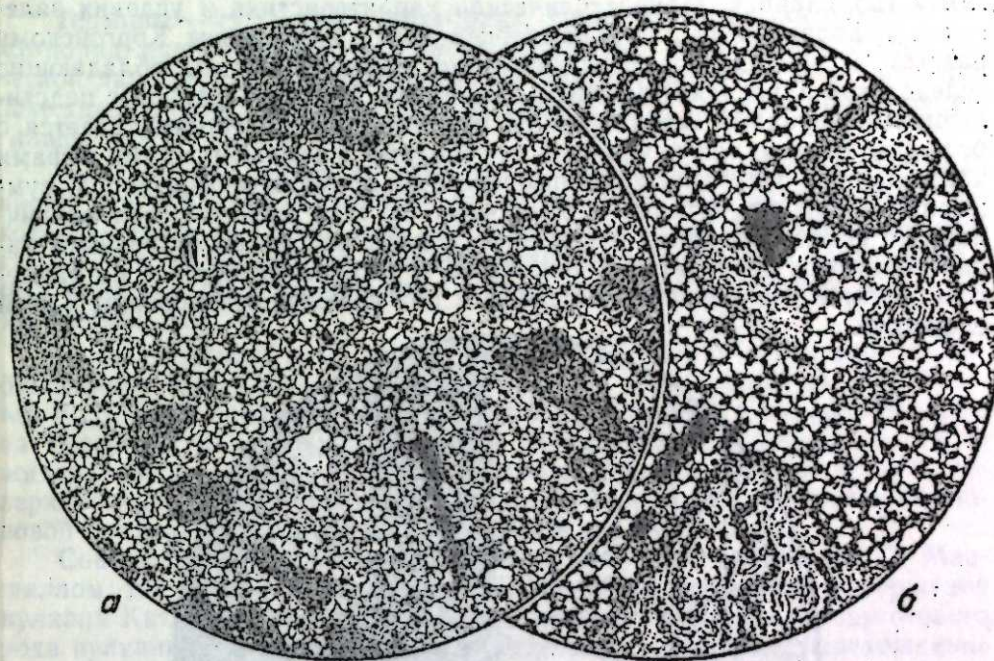


Рис. 3. Туфолавы (палеотипный игнимбрит). Коргонская свита, р. Коргон, Николи+. а — раскристаллизованная мелкообломочная масса цементирует грубо ориентированные осколки фельзитов и порфиритов; $d=5,0$ мм; б — то же. Беспорядочное расположение обломков в раскристаллизованной массе; $d=2,25$ мм.

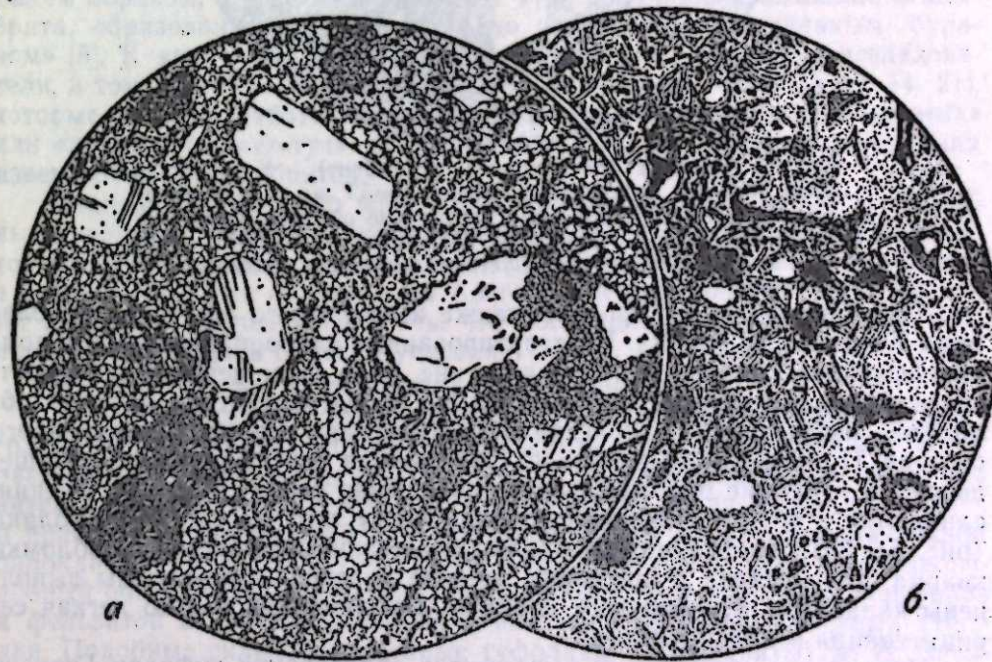


Рис. 4. Коргонская свита, р. Коргон. а — кристаллокластический туф. Неотсортированные обломки порфиритов, кварца и плагиоклаза сцементированы осколками раскристаллизованного стекла. Николи+. $d=5,7$ мм; б — витрокластический спекшийся туф. Без анализатора, $d=2,25$ мм.

глинистых сланцев. Макроскопическая характеристика и условия залегания туфолав среди этого комплекса почти аналогичны Коргонскому разрезу. В нем чаще встречаются флюидальные породы, обладающие зеленоватой окраской и плотным сложением. Нижняя граница с подстилающими породами всегда резкая, верхняя граница устанавливается с большим трудом, так как между туфолавами и вышележащими туфами наблюдаются постепенные взаимопереходы промежуточных пород, суммарная мощность которых в различных случаях бывает самая различная. По своему строению переходные породы весьма своеобразны и характеризуются эвтакситовой текстурой, в которой различные по размерам обломки распределены по слоям и под углом ориентированы к этой слоистости.

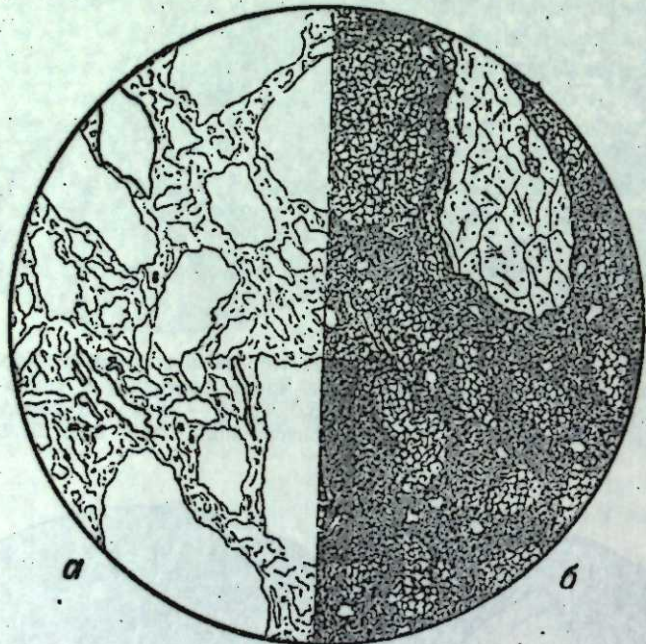


Рис. 5. Туфолава (палеотипный игнимбриг), Куратинская свита (средняя подсвита), р. Урсул; $d=5,7$ мм, а — без анализатора. Неотсортированные прозрачные обломки имеют нечеткие границы; б — Николи+. Обломочная структура почти полностью затусована. Пустоты выполнены кальцитом.

Под микроскопом туфолавы также имеют много общего с туфолавами Коргонского района. Неотсортированные слабоплавленные обломки эффузивов, границы которых нечеткие, либо совершенно отсутствуют, сцементированы мелкой крошкой тех же пород. Структура крупных обломков фельзитовая и кристаллобластическая кварцполевошпатового состава. При скрещенных николях обломочная структура пород затусовывается и мелкие обломки, почти совершенно теряя свои ограничения, сливаются в общую «цементирующую» массу того же состава и облика (рис. 5а, 5б). Иногда можно наблюдать мелкие неправильные обломки кварца, плагиоклаза и ортоклаза: редкие пустоты — миндалины выполнены кальцитом и мозаичным кварцем. Наблюдается только легкая серицитизация и кальцитизация.

Переходя к объяснению возможного образования туфолав Горного Алтая, следует еще раз подчеркнуть, что вопрос этот является чрезвычайно трудным и потому, естественно, спорным, тем более, что в данном случае мы имеем дело с древними породами, претерпевшими значительные изменения, которые затусовали первичный облик пород.

Термины — туфолава и игнимбриг, употребляемые для одних и тех же пород, начинают довольно часто встречаться в специальной геологической литературе. Различные авторы по-разному объясняют их происхождение, однако, на фоне всех разногласий по существу имеются две главные точки зрения.

Выразителем первой из них был Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, который писал, что туфолавы Армении — это настоящие лавы, заключающие некоторую примесь лапилли, что это не вулканические брекчии, и во всяком случае не туфы, а особые туфолавы, застывшие при каких-то особых условиях, богатых водными парами и прочими летучими составными частями [13].

В последующие годы почти аналогичные мнения с некоторыми добавлениями высказывали П. И. Лебедев, Д. С. Белянкин, В. И. Влодавев и др. Одни предполагают перемешивание жидких и твердых веществ на поверхности земли [9], другие — перемешивание преимущественно жидких лав различной вязкости в канале вулкана вблизи земной поверхности [10]. Так или иначе, эти авторы склоняются к признанию лавовой природы происхождения интересующих нас пород.

Совершенно иная точка зрения впервые была высказана П. Маршаллом. На основе изучения С. Н. Феннером продуктов извержения вулкана Катман на Аляске в 1912 г. Маршалл выяснил природу особого рода вулканических образований и убедительно объяснил происхождение туфолав, образовавшихся в результате подобного рода извержений. Он рассматривал их как отложения из огромных газовых туч, переполненных мелкими обломками пород или стекла, температура которых была настолько высока, что они, достигая почвы, сливались, сливались вместе и могли даже растекаться широкими тонкими слоями. Таким образом, это не лава, а скорее туф, получивший название игнимбрига, образование которого вызвано своеобразным «огненным бурном» [8]. К этой точке зрения присоединились затем многие исследователи, в том числе А. Н. Заварицкий, К. А. Мкртчян и др. [5—8, 14, 21], которые в своих работах приводят описания извержений «огненных» или «жгучих газовых туч» или продуктов этих особых вулканических извержений — игнимбригов.

Анализ фактического материала, полученного при изучении подобных девонских пород в Горном Алтае и сравнение особенностей продуктов извержения молодых вулканов Катман, Мон-Пеле на о. Мартинике, а также некоторых вулканов на Камчатке и др. с описанными породами позволяет уверенно говорить, что последние образовались при аналогичных или очень близких условиях.

На это указывают следующие обстоятельства:

1. Обломочная структура пород с очень нечеткими и исчезающими границами обломков. Это можно объяснить только сплавлением полурасплавленных частиц друг с другом. А. Н. Заварицкий указывал, что интенсивное «сваривание» частиц раскаленного пепла может приводить и приводит к совершенной или частичной утрате следов первоначальной пирокластической структуры. Такие породы могут приобретать лавоподобный облик и, возможно, что некоторые покровы кварцевых порфиров и фельзитов в Горном Алтае на самом деле являются пластами туфолав. Подобные сильно измененные туфолавы (игнимбриги) А. Н. Заварицкий предлагал именовать игнимбриговыми порфиритами [22].

2. Большая плотность этих высококремнистых пород, что невозможно объяснить дополнительным их окремнением, так как встречающиеся в этих же разрезах сланцы и песчаники совершенно не испытывают какого-либо дополнительного изменения. Только сваривание раскаленных

частиц в момент их отложения и, вероятно, последующая перекристаллизация, может придавать им повышенную плотность и позволяет использовать как хороший декоративный материал, отличающийся этим особым качеством от обычных лав покровного типа.

3. Наличие четко-ритмичной правильной полосчатости — флюидалности, выдерживающейся на большие расстояния. Такую флюидалность могли давать подвижные массы, течение которых было незначительным и могло одновременно проявиться только в конце процесса извержения, когда все обломки были уже сварены. Нормальные лавы кислого состава, как известно, очень вязки, линейно-правильной флюидалности не дают, и последняя при движении таких лав всегда изображает весьма причудливый пloyчатый рисунок.

4. Небольшая мощность отдельных слоев туфолав, достигающая иногда всего 3—5 см. Совершенно невозможно представить себе потоки вязкой кислой магмы такой ничтожной мощности, обладающей к тому же четкой и правильной флюидалностью.

5. Постепенные взаимопереходы между туфолавами и перекрывающими их туфами могут указывать на очень сложный процесс образования всего комплекса. Эвтакситовая текстура промежуточных пород (сваренных туфов), вероятно, обусловлена различной относительной подвижностью отдельных слоев, где нижний слой был более вязкий, а верхний — более подвижный, и в пограничной полосе все обломки приняли ориентировку подобно крупным эллипсоидным галькам в русле реки. Следовательно, это тоже туфы, но туфы, обладающие способностью течь как лава; это туфы, в которых обломки, видимо, были весьма горячими и вязкими, могли спекаться и даже течь и оставлять следы этого течения в виде полосчатости — флюидалности. В верхних частях, где накапливался падавший сверху уже остывший пепел, происходило формирование нормальных туфов.

Таким образом, на основании изложенного выше объяснение происхождения туфолав из потока раскаленных частиц нам представляется более правильным, чем все другие существующие предположения.

В частности, мало вероятно, чтобы такие породы в больших массах могли образовываться на поверхности перемешиванием жидких и твердых веществ [9]. С другой стороны, никак не объяснимой становится проблема пространства в гипотезе о смешивании двух полужидких магм в канале вулкана [10]. Трудно представить, чтобы в вязкой массе произошло такое равномерное перемешивание частиц, какое наблюдается в туфолавах.

Туфолавы скорее всего являются породами эксплозивного происхождения, дробление которых вызвано сильными взрывами в канале вулканического аппарата. Образовавшиеся вязкие частицы под сильным давлением выдувались затем из жерла вулкана, какая-то часть их не могла подняться в высокие слои атмосферы, а увлекалась быстро несущейся газовой тучей и затем вновь спекалась при понижении скорости этого песчано-газового потока. Совершенно очевидно, что туфолавы, являясь производными, главным образом, кислой риолито-дацитовой магмы, могут отлагаться только в поверхностных условиях.

Тип вулканического аппарата, по нашему мнению, не является определяющим для образования туфолав типа игнимбритов, так как широко известны площадные отложения подобных пород из трещинных каналов и из вулканов центрального типа.

Хорошо сохранившихся девонских вулканических аппаратов в Горном Алтае пока не обнаружено и относительно расположения очагов извержения туфового материала, в том числе туфолав, можно делать толь-

ко предположения. Вполне вероятным источником этих образований на р. Урсуле мог быть вулкан центрального типа возле р. Каракол, на возможное наличие которого нам указывают подводящие каналы типа неков, выполненные кварц-плагноклазовыми порфирами, гранофирами и кварцевыми кератофирами (альбитофирами). Что же касается мест извержений по рекам Ело, Коргон, Ак-кая, Баюк, то они пока неизвестны, и решение данного вопроса явится дальнейшим этапом исследований.

Практический интерес к туфолавам, видимо, не вызывает сомнения, и они должны привлечь к себе известное внимание исследователей. Сравнительно близкое их расположение к вулканическим аппаратам может привести к обнаружению трещинных подводящих каналов и пород жерловых фаций, с которыми, как известно, генетически связываются некоторые месторождения цветных и редких металлов.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
14/VI 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Кузнецов, Основные этапы развития магматизма и элементы металлогении Горного Алтая. Изв. вост. фил. АН СССР, № 2, 1957.
2. И. В. Дербиков, К вопросу о фациях порфировых интрузий и генезис полиметаллических месторождений Зап. Алтая. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1952.
3. В. С. Домарев, Формация метасоматических сульфидных и сульфидно-баритовых залежей в эффузивно-осадочных толщах и положение ее в ходе развития подвижных зон. Инф. сб. ВСЕГЕИ, № 4, 1956.
4. Г. Абиx, Геология Армянского нагорья. Зап. Кавк. отд. Всер. геогр. об-за т. XXI, 1899.
5. А. Н. Заварицкий и Игнимбриды Армении. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1947.
6. А. Н. Месропян, О генезисе четвертичных туфов Армении. Изв. АН Арм. ССР, т. IV, № 4, 1951.
7. К. А. Мкртчян, Некоторые замечания о генезисе туфов арктического типа. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1954.
8. P. Marshall, Acid rocks of the Taupo-Rotaru distrikt. Roy. Soc. Newzeal, vol. 64, 1953.
9. Д. С. Белянкин, К вопросу о туфолавах Армении. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1952.
10. В. И. Влодавец, О некоторых семятинских туфолавах и их происхождении. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1953.
11. Т. В. Дианова и Г. А. Курицына, О туфолавах в Исовском и Красноуральском районах (сев. часть Ср. Урала), Тр. ГГИ Ур. фил. АН СССР, мн. сб., № 3, в. 26, 1955.
12. П. И. Лебедев, К вопросу о природе туфовых лав вулкана Алагез. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1947.
13. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, Армянское вулканическое нагорье. Природа, № 5, 1928 и избр. тр., т. 1, 1949.
14. C. N. Fenner, Katmai Region, Alaska and the Great Eruption of 1932. The Journ. of Geol., vol. 28, № 7, 1920.
15. R. W. Van-Bemellen, The geology of Indonesia. Gener. geol. of Ind. and adjac. archip., 1949.
16. H. Williams, The geology of Crater Lake National Park, Oregon, Carn. Inst. Publ. 1942.
17. П. П. Пилипенко, Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та, кн. 62, 1915.
18. Р. Т. Грацианова, Разрез девонских отложений по р. Коргон в Горном Алтае. Тр. Томск. ун-та (посв. В. А. Обручеву), т. 132, 1954.
19. Н. Л. Бубличенко, Э. З. Бульванкер, В. А. Комар, О находке *Calceola sandalina* в Рудном Алтае. Бюл. МОИП, отд. геол., т. XXX (4), 1955.
20. И. И. Белостоцкий, О некоторых общих вопросах геологии Горного Алтая. Тр. Всес. аэрогеол. тр. (мат. рег. геол.), в. 2, 1956.
21. C. N. Fenner, Tuffs and other volcanik deposits of Katmai and Yellowstone Park. Amer. Geol. Union. Pr. 18, th Ann. Meeting, 1937.
22. А. Н. Заварицкий, Изверженные горные породы. Изд. АН СССР, 1956.

Ф. В. КУЗНЕЦОВА

ГРАНИТИЗАЦИЯ ДРЕВНИХ ТОЛЩ
НЕЧЕРО-ЖУИНСКОГО РАЙОНА
(Байкало-Патомское нагорье)

В геологическом строении района принимают участие метаморфические и изверженные породы. Наибольшим распространением пользуются породы метаморфические, среди которых выделяются две свиты: нижняя гнейсовая (Кутулахская), мощностью около 1700 м, и верхняя сланцево-известковая (Кадаликанская), мощностью около 2300 м.

Нижняя свита сложена, главным образом, биотитовыми и биотит-гранатовыми плагиогнейсами, в различной степени гранитизированными. Наиболее распространенными являются крупно-зернистые массивной текстуры мигматиты биотитовых плагиогнейсов, слагающие первый самый нижний горизонт свиты.

Второй горизонт сложен двуслюдяно-гранат-дистеновыми гнейсами с маломощными прослоями двуслюдяных гнейсов и амфиболитов.

В состав третьего горизонта входят мигматиты биотитовых гнейсов очковой текстуры, и в различной степени мусковитизированные и окварцованные биотитовые плагиогнейсы.

Четвертый горизонт сложен крупнозернистыми кварцево-мусковит-гранат-дистеновыми сланцами, двуслюдяно-гранатовыми сланцами с дистеном и с тавролитом, кварцево-гранат-силлиманитовыми сланцами, биотит-гранатовыми плагиогнейсами с дистеном.

Верхняя свита расчленена на шесть горизонтов. В основании свиты залегает пятый горизонт, сложенный роговообманковыми сланцами, переслаивающимися с биотит-гранат-роговообманковыми сланцами и редкими маломощными линзами кристаллических известняков. Мощность горизонта 600 м. Выше же чередуются горизонты кристаллических известняков с горизонтами, сложенными гранат-двуслюдяными сланцами.

Все выделенные горизонты залегают между собою согласно и имеют осадочное происхождение.

Верхняя свита представляет собой непосредственное продолжение по простиранию нижней части разреза Бодайбинской толщи, т. е. соответствует Кадаликанской свите, согласно стратиграфической схеме А. Р. Бурачек и С. Г. Мирчинк [1]. Нижняя же свита (Кутулахская) согласно этой схеме соответствует свите Балаганахской [2].

Обе свиты большинством исследователей относятся к нижнему протерозою. Метаморфические породы интенсивно дислоцированы. Наиболее крупными складчатыми структурами в районе являются Центральная антиклиналь и смежные с нею Догалдынская и Илигирьская синклинали, западное крыло Нечерской антиклинали и восточное крыло Жуинской антиклинали (рис. 1, 2).

В северной половине изученной площади складки линейные изоклинальные с параллельными шарнирами, ориентированными в северо-западном направлении. Крылья складок падают на северо-восток под уг-

лом 50—60°. В южной же половине площади первоначально линейные складки претерпели интенсивную пластическую деформацию.

Из изверженных пород наибольшим распространением пользуются порфирированные граниты, которые обнажаются в виде крупных массивов в ядрах Жуинской и Нечерской антиклиналей.

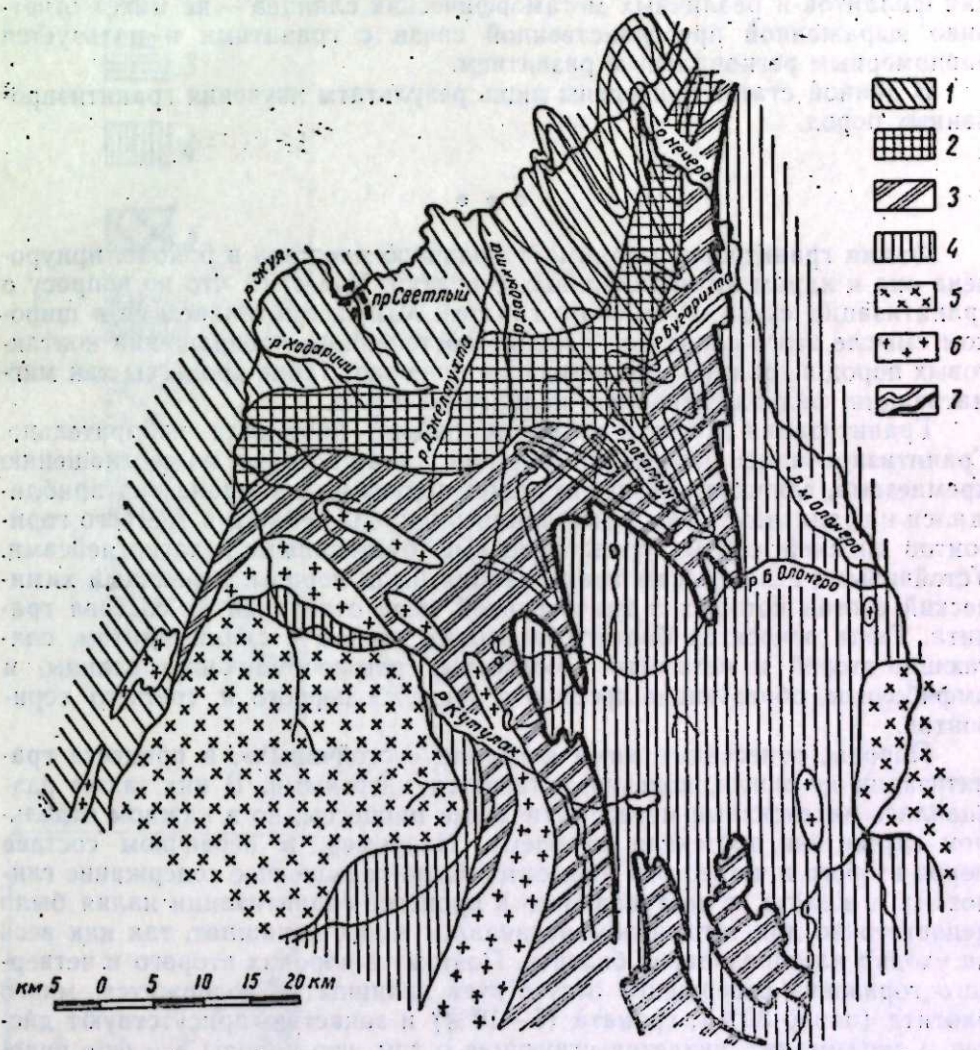


Рис. 1. Схематическая карта магматической стадии метаморфизма Нечеро-Жуинского района.

1 — фация низкотемпературного метаморфизма; 2 — фация среднетемпературного метаморфизма; 3 — фация высокотемпературного метаморфизма; 4 — фация гранитизации; 5 — граниты; 6 — гранит-пегматиты; 7 — контуры горизонтов верхней свиты.

Взаимоотношение гранитных массивов с общим структурным планом вмещающих пород показывает, что граниты появились, когда главная фаза складчатости в районе была уже завершена. Оба массива представляют собой типичные дискордантные тела со сравнительно крутыми углами падения контактов. Об этом же свидетельствует и внутренняя структура гранитных тел (отсутствие элементов прототектоники, кактаклаза).

Среди метаморфических пород в районе выделены фации низкотемпературного, среднетемпературного и высокотемпературного метамор-

физма (рис. 1, 2). Высокотемпературная фация метаморфизма с широко развитыми процессами гранитизации приурочена к контактовому ореолу гранитных массивов. Среднетемпературная фация окаймляет высокотемпературную и также находится в явной связи с гранитными телами. Наиболее же низкотемпературная фация метаморфизма — фация филлитов и различных метаморфических сланцев — не имеет отчетливо выраженной пространственной связи с гранитами и пользуется равномерным региональным развитием.

В данной статье приведены лишь результаты изучения гранитизированных пород.

* * *

Фация гранитизации занимает большую площадь в районе, приурочена она к ядрам антиклинальных структур. Известно, что по вопросу о гранитизации существует много гипотез. Мы рассматриваем ее в широком смысле этого слова как явление постепенного превращения контактовых пород в граниты. Гранитизация включает такие процессы как мигматизация, фельдшпатизация, палингенез и т. д.

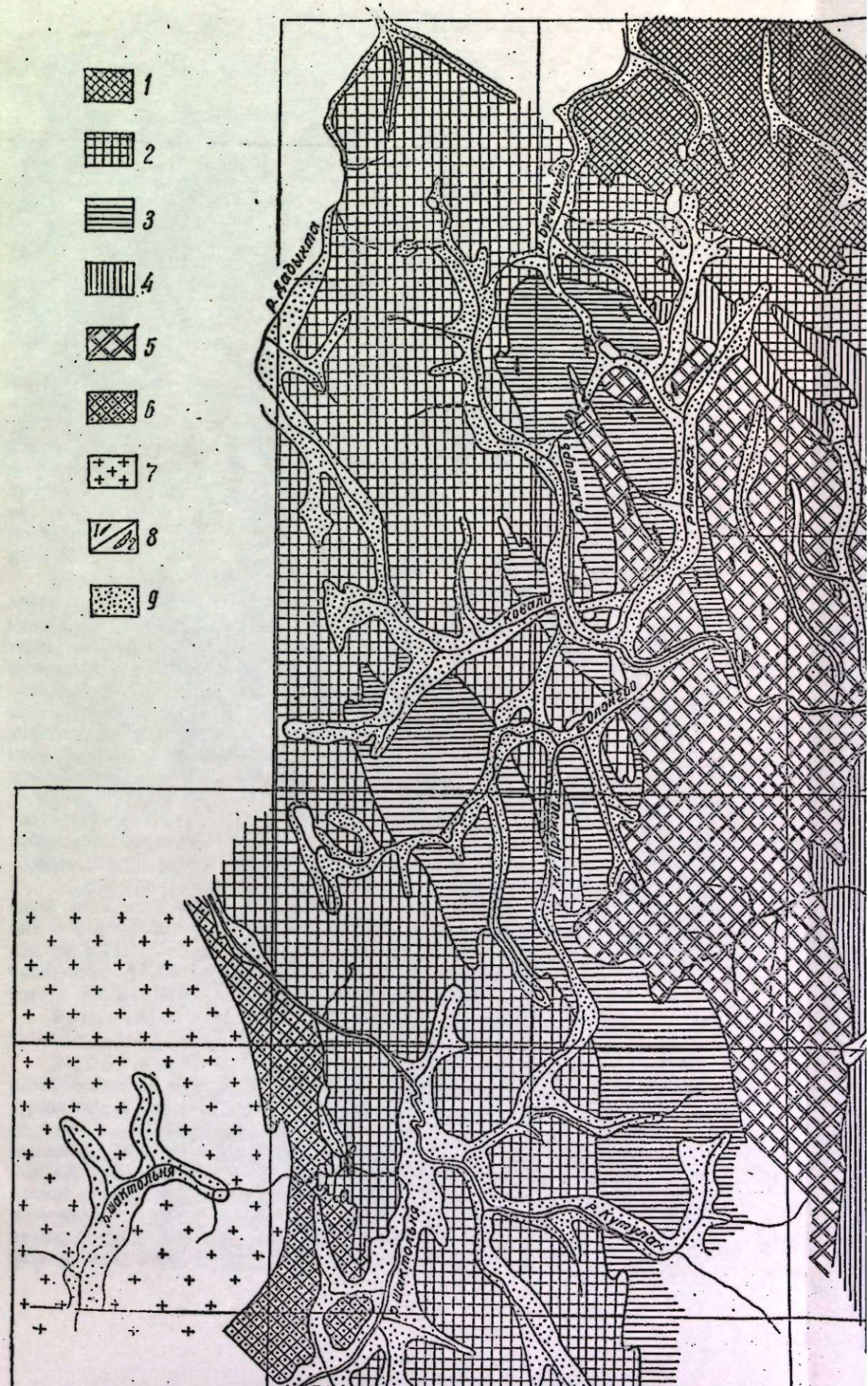
Гранитизация в исследованном районе протекала избирательно. Гранитизировались породы, химический состав которых по соотношению кремнезема, глинозема и других менее подвижных компонентов приближался к гранитному. Таковыми явились породы первого и третьего горизонтов нижней свиты, представленные биотитовыми плагиогнейсами. Устойчивыми к процессам гранитизации были породы, первичный химический состав которых в значительной мере отличался от состава гранита. Сюда относятся биотит-гранатовые гнейсы с силлиманитом, слагающие второй и четвертый горизонты, роговообманковые сланцы, и амфиболиты, образующие прослои в пределах первого и третьего горизонтов.

Породы, отнесенные нами к группе «устойчивых», в процессе гранитизации не могли, конечно, оставаться инертными. В них также развивались интенсивные метасоматические процессы, но в каждом отдельном случае они протекали по-своему. Например, в первичном составе пород второго и четвертого горизонтов было повышенное содержание глинозема и железа, и поступающего в процессе гранитизации калия было недостаточно для того, чтобы развивался в них калишпат, так как весь он уходил на образование биотита. Поэтому в породах второго и четвертого горизонта совершенно отсутствует калишпат и содержится много биотита (около 30%), граната (5—10%) и зачастую присутствуют дисперсные и силлиманит, свидетельствующие о том, что породы все еще недосыщены калием.

Биотит-роговообманковые сланцы пятого горизонта, залегающие на гранитизированных породах нижней свиты, образовались, по всей вероятности, за счет изменения известняков при привносе большого количества железа и магния, поступавших из нижней свиты при гранитизации.

Это предположение подкрепляется следующими фактами: среди роговообманковых сланцев пятого горизонта содержатся известняки, причем, их больше там, где горизонт залегает на менее гранитизированных породах (илигирская синклиналь). А в бассейне р. Сян, где подстилающие породы не гранитизированы, — пятый горизонт сложен только известняками. Этот вопрос требует дополнительных тщательных исследований.

Подобное явление, когда гранитизированные породы окаймляются породами сильнообогатненными темноцветными компонентами, отмеча-



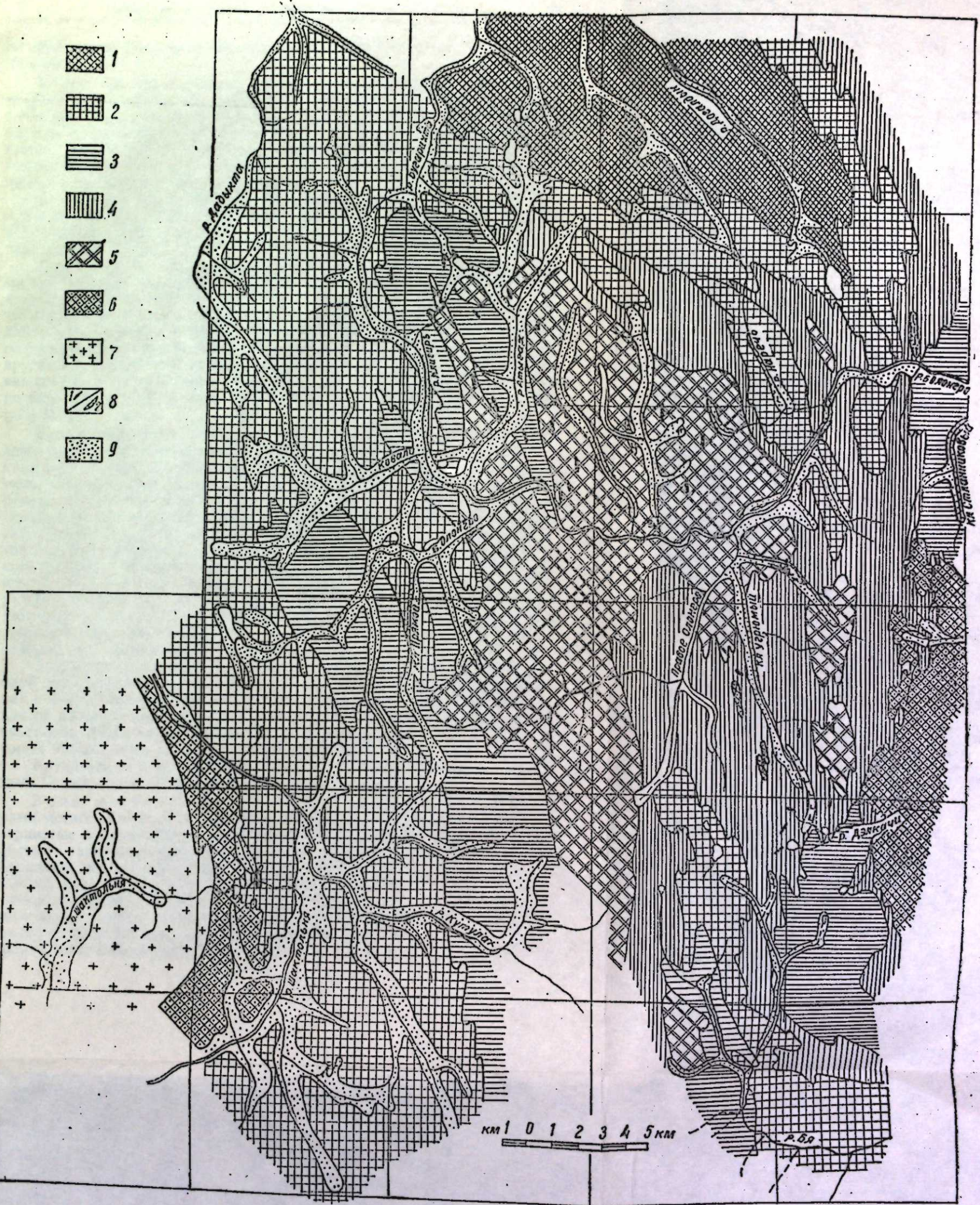


Рис. 2. Карта магматической стадии метаморфизма бассейна Б. Оланро и верховьев Кутулаха.

1 — фашия средне-температурного метаморфизма; 2 — фашия высокотемпературного метаморфизма; фашия гранитизации; 3 — зона полосчатых мигматитов; 4 — зона мигматитов очковой текстуры; 5 — зона массивных крупнозернистых мигматитов; 6 — зона метасомитических гранитов; 7 — граниты; 8 — тела метаморфизованных диабазов; 9 —

ли Рейнольдс [3] (фронт базификации), Вегманн (Рид [4]), Баклунд [5] и др.

Биотитовые плагиогнейсы, подвергшиеся интенсивной гранитизации, сохранились, главным образом, в зоне слабой мигматизации в виде прослоев или неправильной формы тел. Они представляют собой среднезернистые, равномернозернистые породы следующего минералогического состава (средний, по 15 шлифам): кварц — 35—40%, плагиоклаз (олигоклаз № 25) — 40—45%, биотит — около 20%, акцессорные минералы — апатит, циркон, гранат, магнетит.

В пределах фации гранитизации выделены зоны: полосчатых мигматитов, очковых мигматитов, крупнозернистых массивных мигматитов и метасоматических гранитов. Каждая из выделенных зон соответствует определенной стадии процесса гранитизации.

Зона полосчатых мигматитов сложена среднезернистыми биотитовыми плагиогнейсами и их слабоинъецированными разновидностями. Мигматизация выражается здесь в появлении в гнейсах узких лейкократовых полосок кварц-плагиоклазового состава в небольшом количестве микроклина. Ширина полосок колеблется от 1,5 до 3—5 мм, по простиранию одни полоски прослеживаются на большие расстояния, другие же быстро выклиниваются. Лейкократовые полоски имеют резкие контакты с гнейсовым материалом. Породы описываемой зоны можно сопоставить с артеритами Седергольма или диадезитами Jung J., Rogues M. [6].

Зона очковых мигматитов. Очковые мигматиты представляют собой среднезернистые породы, в которых наблюдается чередование светлых полос кварц-полевошпатового состава с полосами серыми и темно-серыми кварц-биотит-плагиоклазового состава. Светлые и темные полосы имеют постепенные переходы между собою. Светлые кварц-полевошпатовые полосы узкие прерывистые с очковыми выделениями полевых шпатов. Очки состоят либо из одного агрегата зерен полевых шпатов и кварца, либо из одного крупного зерна микроклина. Присутствующий в светлых кварц-полевошпатовых полосах плагиоклаз обычно замещается микроклином. Микроклин замещает, по-видимому, и целые участки породы, так как крупные порфиробласты микроклина обычно наполнены включениями кварца, биотита, плагиоклаза. Мигматиты описываемой зоны можно сопоставить с небулитовыми артеритами Седергольма или с элбрезитами Jung I., Rogues M. [6].

Зона массивных мигматитов. Для мигматитов описываемой зоны характерно, что гранитного состава материал выделяется в них в виде пятнистых обособлений неправильной формы. Эти обособления не имеют четких границ, а постепенно сливаются с реликтовыми участками биотитовых плагиогнейсов, закономерная ориентировка которых наблюдается лишь в крупных обнажениях.

Крупнозернистые массивные мигматиты можно сопоставить с небулитами Седергольма или анатектитами Jung J., Rogues M., [6].

Зона метасоматических гранитов. Породы, названные нами метасоматическими гранитами, представляют собой неравномернозернистые порфировидные образования. Основная масса их среднезернистая равномернозернистая биотит-кварц-плагиоклазового состава, вкрапленники же представлены микроклином (средние размеры их $4 \times 2,5$ см). Объем вкрапленников по отношению к объему основной массы составляет от 20 до 40%. Вкрапленники ориентированы преимущественно в одном направлении, реже встречается их гнездовое обособление. В большинстве случаев вкрапленники имеют четырехугольную форму, под микроскопом обнаруживается очень сложный и прихотли-

вый характер линии контакта вкрапленников с основной массой породы. Контуры линии контакта особенно усложняются на границе микроклина с плагиоклазом. Микроклин разъедает зерна плагиоклаза, отделяя от них и захватывая отдельные незамещенные островки. Некоторые вкрапленники калишпата окружены небольшими каймами из мелких зерен более позднего олигоклаза, которые, как правило, мирмекитизированы и имеют очень сложные ажурные очертания. Вкрапленники калишпата, окруженные каймой олигоклаза, сходны до некоторой степени с вкрапленниками гранитов типа рапакиви.

Порфирированные вкрапленники микроклина замещают при своем росте не только отдельные зерна плагиоклаза, но и целые участки породы, что подтверждается обильными включениями — реликтами в теле вкрапленников зерен кварца, плагиоклаза, биотита (рис. 3).

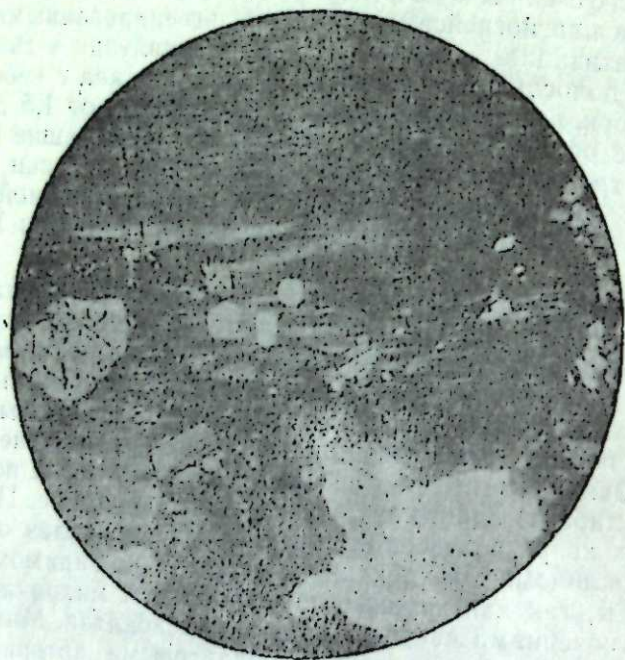


Рис. 3. Вкрапленник микроклина с реликтами замещенной породы (метасоматический гранит); увеличение 50, николи +.

Взаимоотношения вкрапленников с основной массой породы свидетельствуют о более позднем их происхождении путем метасоматического замещения микроклином отдельных зерен плагиоклаза, а также небольших участков первоначальной породы. Порфирированные вкрапленники, таким образом, можно называть порфиробластами, а процесс их образования — фельдшпатизацией.

В метасоматических гранитах встречаются реликты биотитовых плагиогнейсов в виде маломощных прослоев и участков неправильной формы.

Породы, названные нами метасоматическими гранитами, представляют собой, по существу, биотитовые плагиогнейсы, обогащенные порфиробластами калишпата в такой степени, что при беглом осмотре их вполне можно принять за нормальные порфирированные граниты.

В геологической литературе имеются классические примеры фельдшпатизации, происходящей в боковых породах вблизи контактов с гра-

нитам. Большинство исследователей склоняется к выводу о метасоматической природе процесса фельдшпатизации (Баклунд, Гольдшмидт, Вегманн, Андерсон, Рид и др.). Изучение гранитов рапакиви Фенноскандии привело большинство исследователей к выводу о том, что эти граниты возникли метасоматическим путем из песчаников ютнийской свиты в результате разнообразных процессов фельдшпатизации [7]. Крупные вкрапленники калишпата в гнейсах метасоматического происхождения описаны Кингом [8], Е. Г. Судовиковым [9] и др.

Вкрапленники калишпата, столь обильные в зоне метасоматических гранитов, совершенно отсутствуют в гранитах из массивов. Граниты Нечерского и Жуинского массивов имеют также порфирированную структуру, но вкрапленники представлены там только плагиоклазом, размер их значительно меньше и встречаются они редко. Это приводит к выводу о том, что процесс фельдшпатизации, создавший метасоматические граниты, происходил до появления самих гранитных массивов в сравнительно спокойной тектонической обстановке, благоприятствующей росту крупных порфиробласт микроклина.

О том, что появлению гранитов предшествует метасоматическое изменение вмещающих пород, в особенности развитие полевых шпатов, давно известно в геологической литературе.

Региональное распространение раннего щелочного метасоматоза показал еще В. Гольдшмидт (Рид [4]) в своем известном исследовании области Ставангер в Норвегии.

Большая часть французских геологов придерживается такого мнения, что гранитная магма вовлекается в гранитизацию и ее интрузии предшествует поток эманаций (механизм масляного пятна) [7].

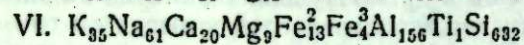
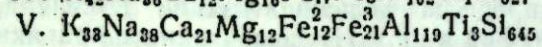
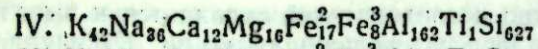
Д. С. Коржинский [10—11] также выделяет ранние метасоматические явления стадии гранитизации. Он считает, что отщепление гранитизирующих растворов не связано с кристаллизацией или охлаждением магмы, так как они выделяются в стадию прогрессирующей гранитизации пород кровли, и предлагает называть их «сквозьмагматическими» в том смысле, что их компоненты поднимаются через гранитную магму, следуя из более низких ее горизонтов.

Процесс гранитизации биотитовых плагиогнейсов сопровождался изменением как их минералогического, так и химического составов. Минералогическое изменение выразилось в появлении калиевого полевого шпата, уменьшении количества плагиоклаза, биотита и т. д. Чтобы проследить изменение химического состава биотитовых плагиогнейсов в процессе гранитизации, были произведены химические анализы штуфов, характерных для каждой выделенной зоны. Результаты анализов сведены в таблице 1. Здесь же для сравнения дан средний химический состав гранитов Жуинского массива.

При сопоставлении этих анализов получается, что химический состав незатронутого гранитизацией биотитового плагиогнейса довольно близок к среднему химическому составу гранита. По мере возрастания интенсивности процесса гранитизации существующая разница в химических составах между гнейсами и средним составом гранита постепенно исчезает.

Приведенные в таблице химические анализы пород пересчитаны по методу Т. Барта (Четвериков [12]), в результате были получены следующие формулы пород:

- I. $K_{13}Na_{14}Ca_{41}Mg_{29}Fe_{52}^{2+}Fe_6^{3+}Al_{151}Ti_9Si_{610}$
- II. $K_{25}Na_{22}Ca_{27}Mg_{13}Fe_{33}^{2+}Fe_{17}^{3+}Al_{156}Ti_6Si_{614}$
- III. $K_{30}Na_{19}Ca_{20}Mg_{10}Fe_{27}^{2+}Fe_3^{3+}Al_{144}Ti_2Si_{646}$



Результаты пересчета, нанесенные на диаграмму (рис. 4), позволяют наглядно проследить изменение химического состава исходной породы на разных ступенях процесса гранитизации. Количество ионов кремния и алюминия практически остается неизменным. Постепенно и неуклонно уменьшается количество ионов железа, кальция и магния и значительно увеличивается содержание щелочей.

Таблица 1

Химический состав гранитизированных биотитовых плагногнейсов

Окислы	I	II	III	IV	V	VI
SiO ₂	66,28	68,90	73,80	71,42	71,50	71,40
TiO ₂	1,44	0,79	0,41	0,23	0,51	0,20
Al ₂ O ₃	14,23	14,89	14,06	15,07	11,19	15,00
Fe ₂ O ₃	1,06	2,48	0,41	1,32	3,21	0,75
FeO	6,97	4,56	3,73	2,34	1,63	1,82
MgO	2,60	1,00	0,86	1,19	0,95	0,72
CaO	4,25	2,90	2,20	1,31	2,19	2,15
MnO	0,06	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01
Na ₂ O	0,82	1,31	1,18	2,12	3,20	3,58
K ₂ O	1,13	2,34	2,67	3,81	2,86	3,17
P ₂ O ₅	0,62	0,22	—	—	—	—
	99,46	99,43	99,35	98,83	97,27	98,80

I. Среднезернистый биотитовый плагногнейс; обр. 420, оз. Дэлкачи, аналитик Бурдейн.

II. Полосчатый мигматит очковой текстуры; обр. 420, оз. Дэлкачи, аналитик Бурдейн.

III. Крупнозернистый массивный мигматит; обр. 2162, р. Б. Олонгро, аналитик Бурдейн.

IV. Метасоматический гранит; обр. 85, верховье кл. Стланиковского, аналитик В. С. Лебедева.

V. Метасоматический гранит; обр. 174, р. Шактольня, аналитик В. С. Лебедева.

VI. Средний состав гранитов Жуинского массива.

Фация гранитизации в Нечеро-Жуинском районе находится в тесной пространственной связи с антиклинальными складчатыми структурами и повторяет контуры последних. Такая связь свидетельствует о том, что процессы гранитизации начались во время складчатости, которая благоприятствовала циркуляции восходящих гранитизирующих растворов. Наиболее интенсивный поток растворов во время складчатости был в ядре Центральной антиклинали, где и образовалась зона крупнозернистых массивных мигматитов, окаймленная зонами полосчатых и очковых мигматитов. Образование же метасоматических гранитов, а затем становление самих гранитных массивов произошло несколько позже и в более спокойной тектонической обстановке. Направление тектонических усилий к этому времени изменилось, гранитные же массивы и окружающие их зоны метасоматических гранитов, хотя и приурочены к антиклинальным складчатым структурам, но не повторяют их контуры.

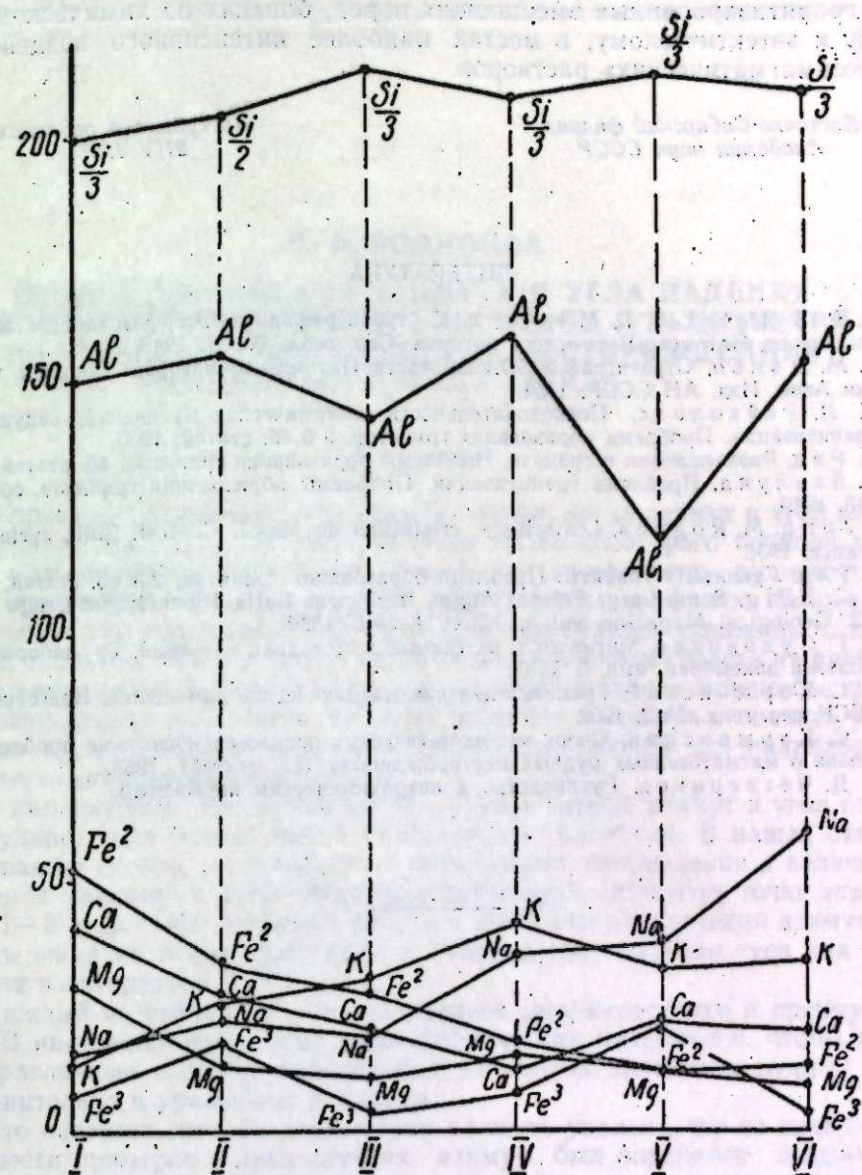


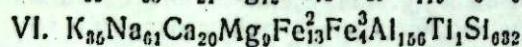
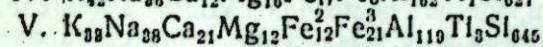
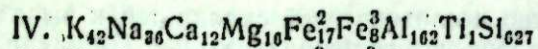
Рис. 4. Диаграмма изменения состава биотитовых плагногнейсов на разных ступенях процесса гранитизации (по Т. Барту).

Выводы

1. Гранитизация в исследованном районе протекала избирательно. Легко гранитизировались породы, химический состав которых по соотношению кремнезема, глинозема и других менее подвижных компонентов приближался к гранитному.

2. Процессы гранитизации предшествовали появлению гранитных массивов, были длительными и протекали в меняющихся тектонических условиях.

3. Гранитные массивы могли образоваться в результате расплавления.



Результаты пересчета, нанесенные на диаграмму (рис. 4), позволяют наглядно проследить изменение химического состава исходной породы на разных ступенях процесса гранитизации. Количество ионов кремния и алюминия практически остается неизменным. Постепенно и неуклонно уменьшается количество ионов железа, кальция и магния и значительно увеличивается содержание щелочей.

Таблица 1

Химический состав гранитизированных биотитовых плагиогнейсов

Оксиды	I	II	III	IV	V	VI
SiO ₂	66,28	68,90	73,80	71,42	71,50	71,40
TiO ₂	1,44	0,79	0,41	0,23	0,51	0,20
Al ₂ O ₃	14,23	14,89	14,06	15,07	11,19	15,00
Fe ₂ O ₃	1,06	2,48	0,41	1,32	3,21	0,75
FeO	6,97	4,56	3,73	2,34	1,63	1,82
MgO	2,60	1,00	0,86	1,19	0,95	0,72
CaO	4,25	2,90	2,20	1,31	2,19	2,15
MnO	0,06	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01
Na ₂ O	0,82	1,31	1,18	2,12	3,20	3,58
K ₂ O	1,13	2,34	2,67	3,81	2,86	3,17
P ₂ O ₅	0,62	0,22	—	—	—	—
	99,46	99,43	99,35	98,83	97,27	98,80

I. Среднезернистый биотитовый плагиогнейс; обр. 420, оз. Дэлжачи, аналитик Бурдейн.

II. Полосчатый мигматит очковой текстуры; обр. 420, оз. Дэлжачи, аналитик Бурдейн.

III. Крупнозернистый массивный мигматит; обр. 2162, р. Б. Олонгро, аналитик Бурдейн.

IV. Метасоматический гранит; обр. 85, верхние кл. Стланиковского, аналитик В. С. Лебедева.

V. Метасоматический гранит; обр. 174, р. Шаколья, аналитик В. С. Лебедева.

VI. Средний состав гранитов Жуинского массива.

Фашия гранитизации в Нечеро-Жуинском районе находится в тесной пространственной связи с антиклинальными складчатыми структурами и повторяет контуры последних. Такая связь свидетельствует о том, что процессы гранитизации начались во время складчатости, которая благоприятствовала циркуляции восходящих гранитизирующих растворов. Наиболее интенсивный поток растворов во время складчатости был в ядре Центральной антиклинали, где и образовалась зона крупнозернистых массивных мигматитов, окаймленная зонами полосчатых и очковых мигматитов. Образование же метасоматических гранитов, а затем становление самих гранитных массивов произошло несколько позже и в более спокойной тектонической обстановке. Направление тектонических усилий к этому времени изменилось, гранитные же массивы и окружающие их зоны метасоматических гранитов, хотя и приурочены к антиклинальным складчатым структурам, но не повторяют их контуры.

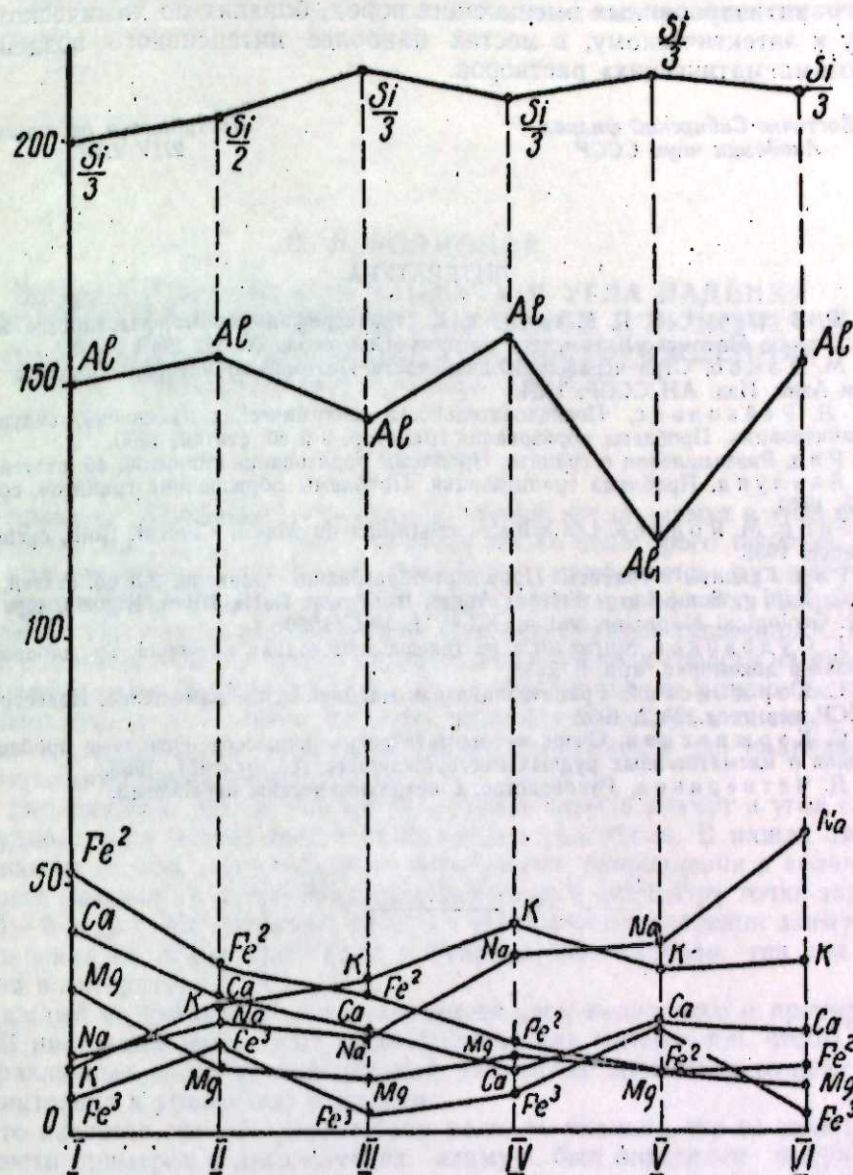


Рис. 4. Диаграмма изменения состава биотитовых плагиогнейсов на разных ступенях процесса гранитизации (по Т. Барту).

Выводы

1. Гранитизация в исследованном районе протекала избирательно. Легко гранитизировались породы, химический состав которых по соотношению кремнезема, глинозема и других менее подвижных компонентов приближался к гранитному.
2. Процессы гранитизации предшествовали появлению гранитных массивов, были длительными и протекали в меняющихся тектонических условиях.
3. Гранитные массивы могли образоваться в результате расплавления.

ния гранитизированных вмещающих пород, близких по химическому составу к эвтектическому, в местах наиболее интенсивного воздействия «сквозьмагматических» растворов.

Восточно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
21/V 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Р. Бурачек, С. Г. Мирчинк, К стратиграфии метаморфизованных осадочных пород Патомско-Витимского нагорья. Сов. геол., № 32, 1948.
2. Т. М. Дэмбо, Стратиграфия Южной части Патомского нагорья. Вопросы геологии Азии, Изд. АН СССР, 1954.
3. Д. Л. Рейнольдс, Последовательность геохимических изменений, ведущих к гранитизации. Проблема образования гранитов, 2-й сб. статей, 1950.
4. Х. Рид, Размышления о граните. Проблемы образования гранитов, сб. статей, 1949.
5. Х. Баклуид, Проблема гранитизации. Проблемы образования гранитов, сб. статей, 1949.
6. J. Jung, M. Rogues, Les schistes cristallins du Massif Central. Bull., carte géol. France, 1938.
7. Х. Рид, Граниты и граниты. Проблема образования гранитов, 2-й сб. статей, 1950.
8. В. С. King, Some Large Felspar Augen from near Ilorin Town, Nigeria, p.p. 369—372. Geological Magazine, vol. L. XXXVII, № 5, 1950.
9. Н. Г. Судовиков, Мигматиты, их генезис и методика изучения. Тр. лаборатории геологии докембрия, вып. 5, 1955.
10. Д. С. Коржинский, Гранитизация как магматическое замещение. Известия АН СССР, сер. геол., № 2, 1952.
11. Д. С. Коржинский, Очерк метасоматических процессов. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях (сб. статей), 1953.
12. С. Д. Четвериков, Руководство к петрохимическим пересчетам.

П. Ф. РОДИОНОВ

ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЗИМУТА И УГЛА ПАДЕНИЯ СЛАНЦЕВАТОСТИ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И РУДНЫХ ТЕЛ НА УРАЛЬСКИХ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПО ДАННЫМ МЕТОДА ЗАРЯДА

Введение

В практике до сих пор встречаются случаи, когда азимут и угол падения рудного тела устанавливаются лишь после некоторого периода разведки месторождения. Затем для уточнения морфологии рудного тела снова производится бурение в ранее разведанных профилях. Иногда же специально для определения азимута падения бурятся скважины с двух сторон, «вилкой». Все это вызывает увеличение расхода средств на разведку месторождения. Между тем, по данным метода заряда можно быстро и при сравнительно небольших затратах определить азимут и оценить угол падения рудного тела с точностью, вполне достаточной для правильного проектирования разведочных работ.

В наблюдениях при пользовании методом заряда азимут и угол падения рудного тела можно найти несколькими способами. В нашей статье описывается способ, основанный на определении направления и величины смещения максимума потенциала по отношению к эпицентру точки заряда (рис. 1—3 и др.). Мы не будем касаться методики определения азимута и угла падения по асимметрии поля в направлении падения, так как она описана в литературе [1, 2].

Каждый из указанных способов имеет свои недостатки и преимущества. В настоящее время еще мало фактических материалов, чтобы оценить различные способы определения элементов залегания рудных тел применительно к уральским условиям.

Что касается способа асимметрии поля, то укажем, что из известных нам шести примеров в двух случаях азимут был определен неверно, в двух — соответствовал действительному, но угол определен с большой ошибкой ($> 25^\circ$), а в двух — азимут и угол падения совпадали с действительными. Эти недостаточно удовлетворительные результаты обусловлены тем, что асимметрия поля часто вызывается неоднородным строением вмещающей среды.

В значительно меньшей степени неоднородность вмещающей среды влияет на результаты определения элементов залегания рудного тела и вмещающих пород по взаимоотношению максимума потенциала и точки заряда. Так, из большого количества примеров (свыше 75) по Уралу азимут падения рудного тела был определен неверно только в пяти случаях и то только потому, что способ был неправильно использован. В частности, в указанных случаях ошибки объясняются малой глубиной h_z заряда, практически соизмеримой с глубиной h залегания верхней границы рудного тела. Между тем, рассматриваемый способ определения азимута и угла падения рудного тела, как будет показано ниже, может быть использован лишь при условии, что $h_z \geq 2h$.

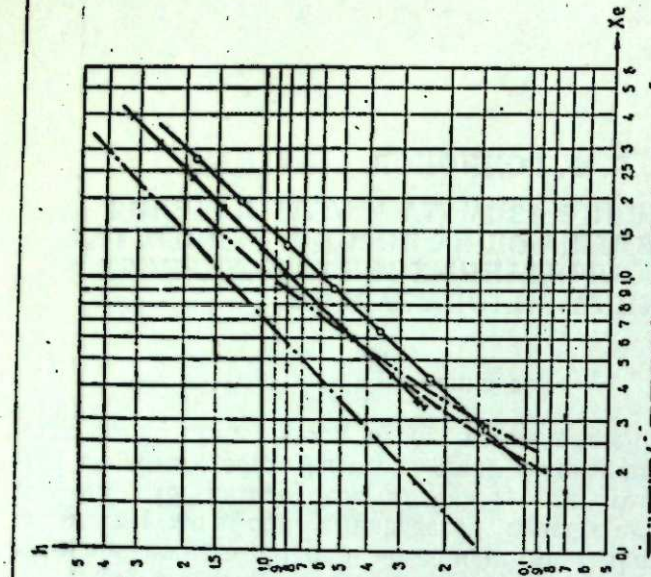


Рис. 2. Зависимость между координатой X_e экстремума кривой градиента потенциала и глубиной h .

1 — вертикальный сжатый эллипсоид вращения; ось вращения горизонтальна ($a=c=1,0$; $b=0,1$); 2 — вертикальный эллипсоид, сжатый в горизонтальном направлении ($a=1,0$; $c=0,5$; $b=0,1$); 3 — бесконечный горизонтальный эллиптический цилиндр с вертикальной большой осью сечения ($a \rightarrow \infty$; $c=1,0$; $b=0,1$); 4 — вертикальный вытянутый эллипсоид вращения; ось вращения вертикальна ($a=b=0,1$; $c=1,0$); 5 — вертикальный сжатый эллипсоид, вытянутый в вертикальном направлении ($a=1,0$; $c=5,0$; $b=0,1$); 6 — точечный источник.

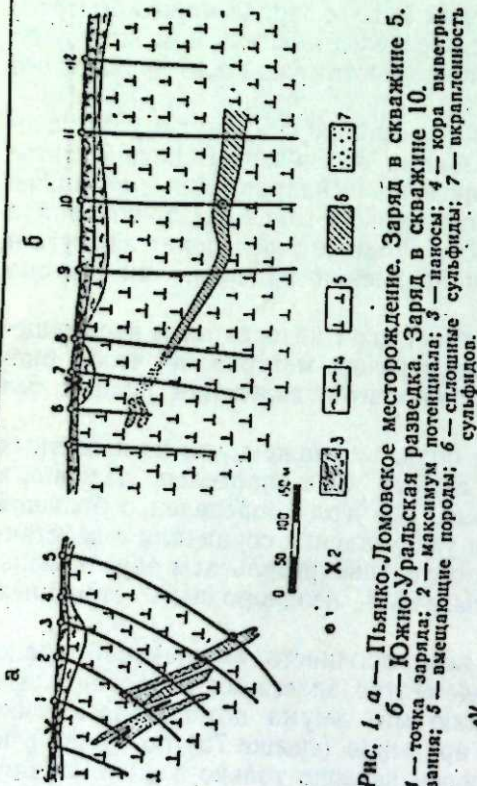


Рис. 1. а — Пьяно-Ломовское месторождение. Заряд в скважине 5. б — Южно-Уральская разведка. Заряд в скважине 10. 1 — точка заряда; 2 — максимум потенциала; 3 — породы; 4 — кора выветривания; 5 — вмещающие породы; 6 — сплошные сульфиды; 7 — вкрапленность сульфидов.

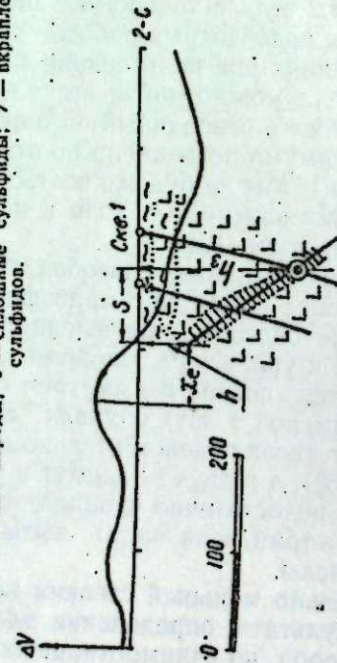


Рис. 3. Кривая градиента потенциала, Южно-Уральская разведка. 1 — точка заряда; 2 — кривая градиента потенциала; 3 — рыхлые отложения; 4 — разрушенные породы; 5 — альбитофиры и их туфы; 6 — сплошные сульфиды.

Методика определения азимута и угла падения

Азимут и угол падения рудного тела можно определить, изучив поле метода заряда на дневной поверхности или вдоль скважины, если заряд осуществлен в другой скважине, расположенной в плоскости заряда, т. е. в вертикальной плоскости, проходящей через эпицентр точки заряда перпендикулярно направлению аномалии (рудного тела).

Рассмотрим приемы определения азимута и угла падения рудного тела по результатам изучения поля метода заряда на дневной поверхности.

Как известно, простирание заряженного рудного тела сравнительно просто и уверенно находится по данным метода заряда, если рудное тело вызывает искажение поля. Следовательно, при определении азимута падения, перпендикулярного простиранию рудного тела, необходимо выбрать одно из двух возможных направлений, отличающихся между собой на 180° . Описываемый ниже способ определения азимута и угла падения

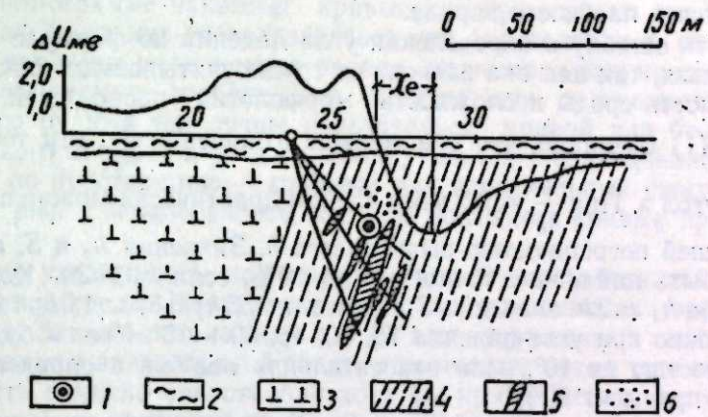


Рис. 4. Кривая градиента потенциала. Айвинское месторождение, Красноуральский район.

1 — точка заряда; 2 — рыхлые отложения; 3 — альбитизированные плагноклазовые порфиры; 4 — метаморфические сланцы; 5 — сплошные сульфиды; 6 — вкрапленность сульфидов.

рудного тела основан на следующих теоретических и экспериментальных предпосылках. Если угол падения заряженного рудного тела превышает 30° , то максимум потенциала практически совпадает с проекцией на дневную поверхность верхней его части (рис. 1а, 3 и др.). При уменьшении угла падения максимум потенциала смещается к эпицентру рудного тела и совпадает с ним при горизонтальном залегании. Указанная зависимость справедлива для однородной среды. В природных же условиях максимум потенциала нередко располагается над верхней частью также и для пологопадающих рудных тел. Подобное взаимоотношение наблюдается на рис. 1б. Это явление обусловлено повышенной электропроводностью вмещающих пород вблизи зоны окисления рудного тела.

Заряд в рудном теле, как правило, осуществляется на глубине, а следовательно, максимум потенциала будет смещен относительно точки заряда в направлении восстания рудного тела. Отсюда, как следствие, вытекает, что рудное тело (проводник) падает в направлении, обратном смещению максимума потенциала по отношению к эпицентру точки заряда. Но этот вывод справедлив лишь при условии, что вертикальная глубина заряда больше глубины h залегания верхней границы рудного тела (рис. 1, 3, 4 и др.).

Зная величину смещения S максимума потенциала или нулевого значения градиента потенциала (рис. 3) по отношению к эпицентру точки за-

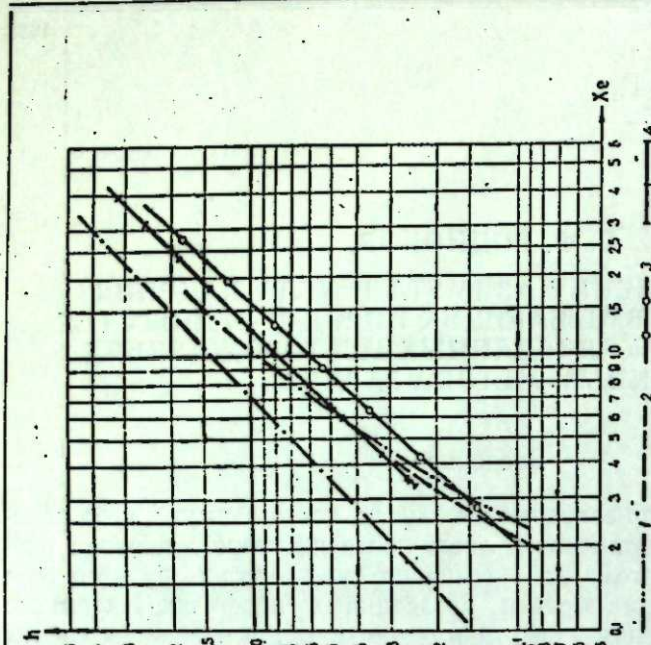


Рис. 2. Зависимость между координатой X_c экстремума кривой градиента потенциала и глубиной h .

1 — вертикальный сжатый эллипсоид вращения; ось вращения горизонтальна ($a=c=1,0$; $b=0,1$); 2 — вертикальный эллипсоид, сжатый в горизонтальном направлении ($a=1,0$; $b=0,1$); 3 — бесконечный горизонтальный эллиптический цилиндр с вертикальной большой осью сечения ($a \rightarrow \infty$; $c=1,0$; $b=0,1$); 4 — вертикальный вытянутый эллипсоид вращения; ось вращения вертикальна ($a=b=0,1$; $c=1,0$); 5 — вертикальный сжатый эллипсоид, вытянутый в вертикальном направлении ($a=1,0$; $c=5,0$; $b=0,1$); 6 — точечный источник.

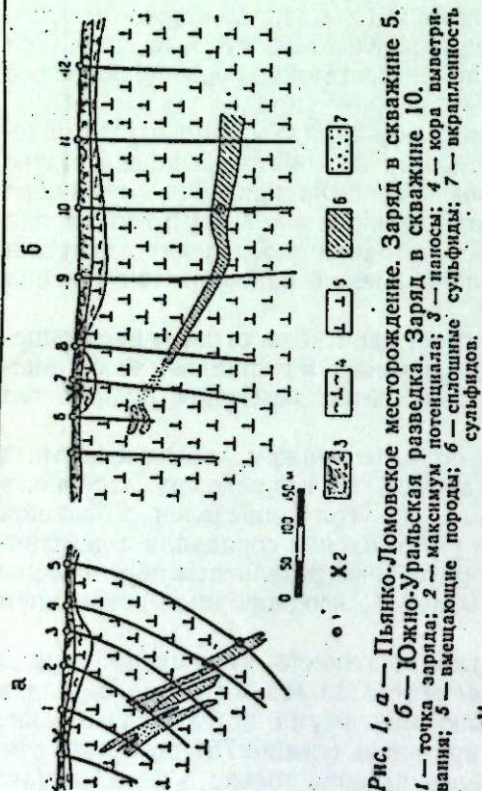


Рис. 1. а — Пьянко-Ломовское месторождение. Заряд в скважине 5. б — Южно-Уральская разведка. Заряд в скважине 10.
1 — точка заряда; 2 — максимум потенциала; 3 — наносы; 4 — кора выветривания; 5 — вмещающие породы; 6 — сплошные сульфиды; 7 — вкрапленность сульфидов.

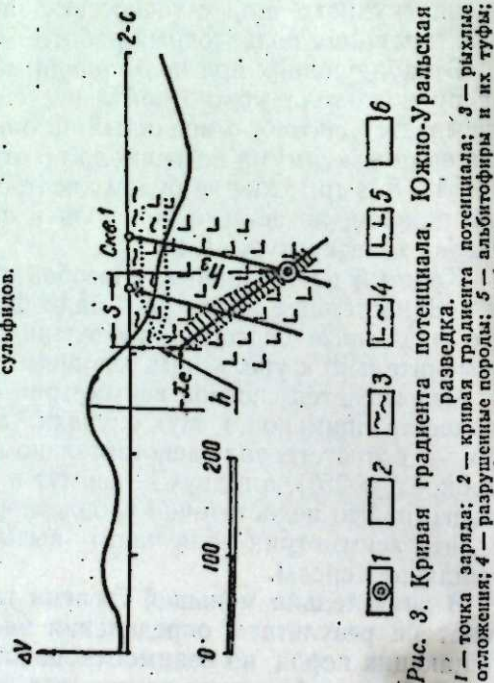


Рис. 3. Кривая градиента потенциала, Южно-Уральская разведка.
1 — точка заряда; 2 — кривая градиента потенциала; 3 — рыхлые отложения; 4 — разрушенные породы; 5 — альбитизированные сульфиды; 6 — сплошные сульфиды.

Методика определения азимута и угла падения

Азимут и угол падения рудного тела можно определить, изучив поле метода заряда на дневной поверхности или вдоль скважины, если заряд осуществлен в другой скважине, расположенной в плоскости заряда, т. е. в вертикальной плоскости, проходящей через эпицентр точки заряда перпендикулярно направлению аномалии (рудного тела).

Рассмотрим приемы определения азимута и угла падения рудного тела по результатам изучения поля метода заряда на дневной поверхности.

Как известно, простираение заряженного рудного тела сравнительно просто и уверенно находится по данным метода заряда, если рудное тело вызывает искажение поля. Следовательно, при определении азимута падения, перпендикулярного простираению рудного тела, необходимо выбрать одно из двух возможных направлений, отличающихся между собой на 180° . Описываемый ниже способ определения азимута и угла падения

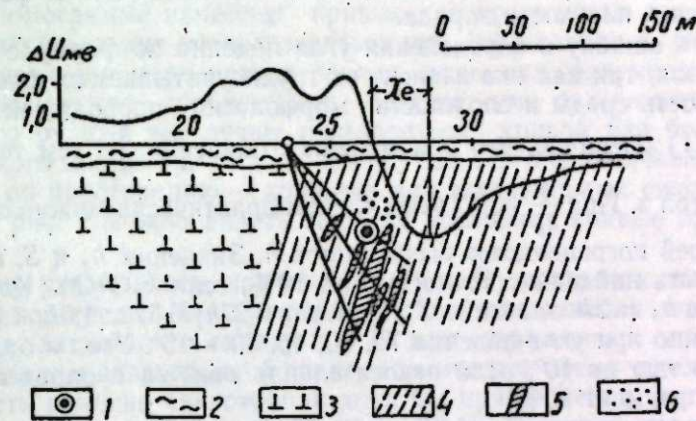


Рис. 4. Кривая градиента потенциала. Айвинское месторождение, Красноуральский район.

1 — точка заряда; 2 — рыхлые отложения; 3 — альбитизированные плагиоклазовые порфиры; 4 — метаморфические сланцы; 5 — сплошные сульфиды; 6 — вкрапленность сульфидов.

рудного тела основан на следующих теоретических и экспериментальных предпосылках. Если угол падения заряженного рудного тела превышает 30° , то максимум потенциала практически совпадает с проекцией на дневную поверхность верхней его части (рис. 1а, 3 и др.). При уменьшении угла падения максимум потенциала смещается к эпицентру рудного тела и совпадает с ним при горизонтальном залегании. Указанная зависимость справедлива для однородной среды. В природных же условиях максимум потенциала нередко располагается над верхней частью также и для пологопадающих рудных тел. Подобное взаимоотношение наблюдается на рис. 1б. Это явление обусловлено повышенной электропроводностью вмещающих пород вблизи зоны окисления рудного тела.

Заряд в рудном теле, как правило, осуществляется на глубине, а следовательно, максимум потенциала будет смещен относительно точки заряда в направлении восстания рудного тела. Отсюда, как следствие, вытекает, что рудное тело (проводник) падает в направлении, обратном смещению максимума потенциала по отношению к эпицентру точки заряда. Но этот вывод справедлив лишь при условии, что вертикальная глубина заряда больше глубины h залегания верхней границы рудного тела (рис. 1, 3, 4 и др.).

Зная величину смещения S максимума потенциала или нулевого значения градиента потенциала (рис. 3) по отношению к эпицентру точки за-

ряда, глубину точки заряда и глубину h , можно определить приближенное значение угла падения рудного тела по формуле.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_3 - h}{S} = \frac{h_3}{S} \left(1 - \frac{h}{h_3}\right) \quad (1)$$

Формула (1) выведена в предположении, что точка заряда совпадает с центром рудного интервала, пересеченного скважиной. В этой формуле не учитывается поправка на отклонение точки заряда от центра рудного интервала, так как из-за сложной морфологии рудного тела и неоднородного геоэлектрического строения вмещающей среды угол падения вообще может быть определен лишь в первом приближении. Очевидно, что погрешность из-за неучета этой поправки будет тем меньше, чем больше отношение длины рудного тела от точки заряда вверх по восстанию к мощности рудного интервала в скважине, в которой произведен заряд. Следует иметь в виду, что значение величин, входящих в формулу (1), определяется в плоскости заряда.

Оценить ошибку в определении угла падения по формуле (1) по существу нельзя, так как она зависит от трудноучитываемых факторов, как неоднородность среды и сложность морфологии проводящей зоны. Из формулы (1) очевидно, что чем меньше отношение $\frac{h}{h_3}$, тем точнее будет

вычислен угол α . При $\frac{h}{h_3} < 0,2$ этим членом практически можно пренебречь.

С наибольшей погрешностью вычисляется h . Значения h_3 и S , как правило, могут быть найдены с точностью до 10%, если $h_3 \geq 2h$. Кстати заметим, что при $h_3 = 2h$ значение S достигает $0,27h$; $0,57h$; $1,0h$; $1,73h$ и $3,73h$ соответственно при угле падения 75 , 60 , 45 , 30 и 15° . Угол α будет вычислен с точностью до 10° , если относительная ошибка в определении тангенса α не превысит 50%.

Определение глубины h . Значение глубины h может быть найдено несколькими способами.

Для рудных тел, угол падения которых $\alpha \geq 30^\circ$, глубина h наиболее быстро и с достаточной для практики точностью определяется по номограмме, составленной на основании теоретических вычислений для однородной вмещающей среды (рис. 2). Для более полого залегающих рудных тел простые способы определения глубины h пока не разработаны. В этом случае глубина h находится по палеткам [2]. Кстати заметим, что при определении азимута падения этих тел обычно и не требуется знания h , так как максимум потенциала смещается на значительное расстояние по отношению к эпицентру точки заряда (рис. 1б).

На рис. 2 изображена номограмма, выражающая зависимость между глубиной h и координатой X_e экстремума кривой градиента потенциала — по перпендикулярному к простиранию проводника направлению. Номограмма построена для сжатых проводников, наиболее близких по форме к рудным телам: отношение большой полуоси к малой равняется 0,1. Проводники располагаются в однородной изотропной среде вертикально; причем малая их полуось направлена горизонтально по оси X , а средняя — вертикально (по оси Z). Однако нашими теоретическими и лабораторными исследованиями установлено, что этой номограммой можно пользоваться также при приближенном определении глубины h наклонных заряженных рудных тел, угол падения которых $\alpha \geq 30^\circ$.

Практически определение h по номограмме (рис. 2) выполняется следующим приемом. Прежде всего, по графику градиента потенциала, измеренного по поперечному (к аномалии) профилю, проходящему через устье скважины с зарядом, находится абсцисса X_e экстремума кривой гра-

диента потенциала, которая равняется расстоянию между нулевым и экстремальным значением градиента. При этом X_e рекомендуется определять по экстремуму кривой градиента, расположенному у лежащего бока рудного тела. Это условие необходимо строго соблюдать при углах падения $\alpha \leq 60^\circ$. Значение X_e в каком-то масштабе откладывается на оси абсцисс в левой части номограммы (влево от единичной ординаты), если значение X_e меньше половины длины аномалии. В противном случае, вообще очень редком, следует пользоваться правой частью номограммы; X_e откладывается вправо от единичной ординаты. Кстати заметим, что длина аномалии оценивается по расстоянию между экстремумами кривой градиента потенциала, измеренного по направлению оси аномалии, наблюдающейся над данным проводником. Через точку с абсциссой X_e параллельно оси ординат проводится прямая до пересечения с одной из кривых номограммы. Ордината точки пересечения их и является искомой глубиной h . На номограмме нанесены кривые для проводящих тел различной формы. Какой из них воспользоваться при определении h , решается на основании изучения поля метода заряда, принимая, разумеется, во внимание геологические соображения. Вообще для сильновытянутых по простиранию рудных тел лучше пользоваться кривой для бесконечного эллиптического цилиндра, а для вытянутых тел с ограниченной протяженностью по простиранию — кривыми для вертикальных сжатых эллипсоидов. На рис. 2 можно видеть, что для последних кривые практически совпадают.

Как уже указывалось, номограмма (рис. 2) построена для однородной изотропной среды. Между тем, на Урале вмещающая среда часто анизотропна. Зависимость между h и X_e для заряженных проводников, расположенных в анизотропной среде, в настоящее время еще не изучена. Чтобы учесть влияние анизотропии хотя бы приближенно, автором рекомендуется вводить поправку по формуле (2), выведенной для точного источника, расположенного в однородной анизотропной среде с вертикальной сланцеватостью,

$$h_u = \lambda h, \quad (2)$$

где h_u — глубина, исправленная за влияние анизотропии, h — глубина, определенная по номограмме, λ — коэффициент анизотропии. Используя при интерпретации аномалий от заряженных рудных тел формулу (2), мы допускаем ошибку, которая при прочих равных условиях будет тем меньше, чем больше значение h .

Как известно, рудные тела колчеданных месторождений на Среднем Урале, а также на некоторых участках Южного Урала залегают согласно сланцеватости вмещающих пород. Очевидно, что в подобных геологических условиях определение элементов залегания рудных тел можно заменить определением направления сланцеватости вмещающих пород.

Определение азимута и угла падения сланцеватости и слоистости пород основано также на смещении максимума потенциала по отношению к эпицентру точки заряда, произведенного на глубине [3, 4, 5].

Угол падения сланцеватости (слоистости) α приближенно равняется

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \frac{h_3}{S} \frac{a^2 - b^2}{a^2}, \quad (3)$$

где a , b — значения большой и малой полуосей изолинии потенциала, прослеженной на дневной поверхности при точечном заряде в сланцах, S — смещение максимума потенциала по отношению к эпицентру точки заряда, h_3 — вертикальная глубина точки заряда. Причем, при вычисле-

нии берутся те изолинии потенциала, на которых мало сказывается влияние покрывающих рыхлых отложений.

В формулу (3) рекомендуется вводить поправку, учитывающую мощность рыхлых отложений

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \frac{h_3 - h_k}{S} \frac{a^2 - b^2}{a^2}, \quad (3')$$

где h_k — глубина до коренных пород.

Ниже рассмотрим примеры из уральской практики, на которых будет показано определение азимута и угла падения заряженного рудного тела и сланцеватости вмещающих пород. Примеры выбраны наиболее сложные, а также те, при интерпретации которых были допущены ошибки.

На рис. 3 представлена кривая градиента потенциала при заряде в скважине 1 на глубине 155 м по вертикали. Рудное тело, сложенное колчеданом, залегает среди массивных окварцованных туфов альбитофиров. Коэффициент анизотропии в горизонтальном направлении этих пород не превышает 1,0—1,1. Рудное тело под углом 52° падает на восток. Верхняя граница сульфидных руд не определена, но на данном месторождении зона окисления обычно опускается до глубины 40—50 м.

На рис. 3 видно, что кривая градиента потенциала имеет асимметричный вид, характерный для пологого ($\alpha < 30^\circ$) залегания рудного тела. Между тем, из соотношения эпицентра точки заряда и нулевого значения градиента потенциала вытекает, что рудное тело падает круто. Как будет показано ниже, угол падения, определенный по формуле (1), равняется 55°. Наблюдающееся несоответствие объясняется тем, что асимметрия кривой градиента потенциала обусловлена неоднородным строением верхней части вмещающей среды, т. е. неравномерной мощностью рыхлых отложений, достигающей 30—35 м на востоке при 1—5 м — в западной части профиля.

Согласно условию, при определении глубины h используем левую ветвь кривой градиента потенциала (экстремум у лежачего бока рудного тела). Координата X_e максимума градиента потенциала равняется 60 м. По данному значению X_e определяем глубину h , пользуясь кривыми для тел ограниченной протяженностью по простиранию. Глубина h равняется 45 м. Соответственно угол падения, вычисленный по формуле (1), равняется 55°.

Зная глубину h , можно графически построить ось рудного тела по падению. Для этого на графике из точки с нулевым значением градиента потенциала проведем перпендикуляр к оси абсцисс вниз, на котором отложим в масштабе значение h ; последнюю точку соединим с точкой заряда. Построенная таким образом линия показана на рис. 1. Она достаточно хорошо совпадает с осью рудного тела по падению.

На рис. 4 представлена кривая градиента потенциала при заряде в скважине 1, пробуренной на Ново-Айвинском месторождении (Красноуральский район). Это месторождение сложено системой крутопадающих рудных тел, залегающих среди метаморфических сланцев.

Левая ветвь кривой градиента потенциала искажена под влиянием технических помех (водопровода обсадных труб в скважине), поэтому при определении глубины воспользуемся правой ее ветвью. В рассматриваемом случае можно пользоваться любой ветвью кривой градиента, поскольку (судя по взаимоотношению максимума потенциала и точки заряда) падение рудного тела близко к вертикальному. Координата X_e экстремума градиента потенциала равняется 40 м и соответственно h по номограмме рис. 3 оценивается в 25—30 м. В описываемом примере среда анизотроп-

на. Поэтому в значение h необходимо ввести поправку согласно формуле (2). Исправленная глубина оценивается 50 м, так как коэффициент анизотропии вмещающих пород достигает 1,6. Следовательно, в описываемом примере заряд произведен практически в верхней части рудного тела, а поэтому смещение нулевого значения градиента потенциала по отношению к эпицентру точки заряда оказалось незначительным; в связи с чем и создалось ложное впечатление о вертикальном падении рудного тела, которое, хотя и круто, падает на запад. Ошибка в определении азимута произошла исключительно потому, что не соблюдено исходное положение о большей глубине заряда по сравнению с глубиной залегания верхней границы сульфидных руд.

Если осреднить левую ветвь кривой градиента, то по асимметрии всей кривой градиента можно сделать предположение о западном падении рудного тела. Конечно, для того, чтобы оценить степень искажения поля из-за неоднородного строения вмещающей среды, следовало бы изучить ее сопротивление по интерпретационному профилю. Для этой цели наиболее целесообразно использовать симметричное профилирование при разностях $AB = 50—100$ м и шаге 20 м.

Как же следовало бы поступить в рассматриваемом случае? Отвечая на этот вопрос, прежде всего, укажем, что вообще лучше было бы зарядиться в более глубоко залегающем рудном теле. Но поскольку и это рудное тело подсечено на небольшой глубине, то следовало бы дополнительно провести наблюдения при заряде в метаморфических сланцах.

На рис. 5 показано соотношение между максимумами потенциала и точками заряда в скважинах 5 и 6, пробуренных с востока. В обоих случаях максимумы потенциала практически совпадают. Заряд в скважине 5 произведен в верхней выклинке рудного тела; главным образом, по этой причине и отчасти из-за влияния вышележащего рудного тела, смещение максимума потенциала от эпицентра точки заряда незаметно. Исходя из этого, и было дано заключение о вертикальном падении рудного тела, которое оказалось неверным, как мы увидим ниже. Ошибка была допущена исключительно из-за того, что не было учтено равенство глубины заряда и глубины h , которая, между прочим, не была определена.

При заряде в рудном интервале, подсеченном в скважине 6 на вертикальной глубине 215 м, максимум потенциала оказался смещенным на 135 м к востоку от эпицентра точки заряда. Наблюдаемое соотношение этих характерных точек в общем случае может быть лишь при западном падении рудного тела. Это заключение геофизиков позднее подтвердилось бурением, которое в дальнейшем продолжалось из расчета западного падения рудных тел.

Учитывая большую глубину заряда в скважине 6, можно приближенно оценить угол падения рудного тела, предполагая, что рудное тело выходит на поверхность палеозоя, т. е. его верхний конец залегает на глубине 56 м. Для этих условий по формуле (1) находим

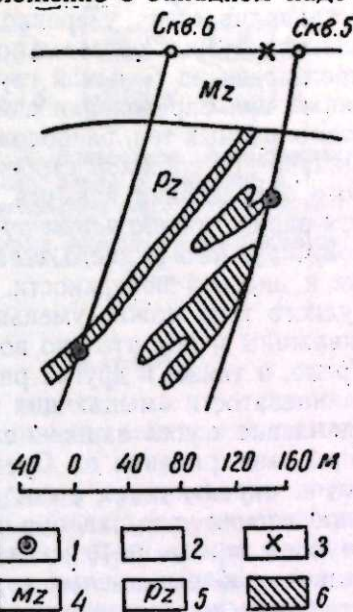


Рис. 5. Зауральская разведка. Заряд в скважинах 5, 6. 1 — устье скважины; 2 — точка заряда; 3 — максимум потенциала; 4 — мезозойские породы; 5 — палеозойские породы; 6 — сплошные сульфиды.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{215 - 56}{135} = 1,18$$

$$\alpha \approx 50^\circ$$

Угол падения рудного тела по геологическим данным равняется 54° . В данном случае совпадение вычисленного и действительного угла падения оказалось хорошим, так как принятое значение h близко к истинному. В общем же случае таким способом мы находим максимально возможный угол падения проводящей зоны. Вообще, если неизвестно h , таким же приемом можно оценить угол падения проводящей зоны, взяв h , равным средней для данного района глубине зоны окисления колчеданных рудных тел.

Обработка многочисленных наблюдений метода заряда по Уралу показывает, что описанным выше способом азимут падения рудного тела устанавливается уверенно. Для отдельных заряженных рудных тел, азимут которых остается постоянным, ошибка мало вероятна. Если заряд произведен на большой глубине, то обычно не встречается затруднений также при определении азимута падения рудной зоны, состоящей из системы рудных тел, расположенных кулисно или другим образом (рис. 1а). Однако при сложном строении рудной зоны возможны случаи неправильного определения азимута падения отдельного рудного тела; например, при заряде в небольшом рудном теле, залегающем на глубине в лежащем боку крупного рудного тела, верхняя выклинка которого находится ближе к дневной поверхности. Вероятность ошибки в определении падения рудного тела можно уменьшить, если заряжаться в нескольких точках скважины и обязательно во вмещающих породах. Вообще, на Среднем Урале, а также в других районах, где рудные тела залегают согласно сланцеватости вмещающих пород, прежде всего целесообразно найти направление и угол падения сланцеватости. Вследствие малой мощности коры выветривания на Среднем Урале элементы залегания сланцеватых пород определяются с достаточной для практики точностью. Ошибка в определении угла падения обычно не превосходит 10° , если вертикальная глубина заряда не менее, чем в три раза превышает глубину до сравнительно слабыветрелых коренных пород.

Согласно многочисленным данным, полученным при обработке материалов методом заряда по Уралу, угол падения отдельного заряженного рудного тела определяется с точностью, достаточной для проектирования геологоразведочных работ. Ошибка в большинстве случаев не превышает 10° (рис. 3). При сложном строении угол падения, найденный описываемым выше способом, соответствует среднему углу падения рудной зоны (рис. 1а). При этом вычисленный угол может отклоняться от действительного угла падения отдельных рудных тел. Величина ошибки зависит от взаимоотношения и размеров рудных тел, слагающих рудную зону.

Как показывают лабораторные исследования, при сложном строении рудной зоны (зона слагается несколькими рудными телами или меняется азимут или азимут и угол падения рудного тела), элементы залегания могут быть определены с большой точностью на основании изучения поля метода заряда в другой скважине, которая расположена в том же профиле, как и скважина с зарядом. Это понятно, так как изучение поля ведется на сравнительно небольшом расстоянии от точки заряда и потому мало вероятно, что на этом интервале существенно изменится морфология проводника. Кроме того, при этом способе исключается влияние верхней части вмещающей среды (выше ствола скважины, по которой производятся наблюдения). Существенно и то, что этот способ может быть применен при любом расстоянии от дневной поверхности до верхушки рудного тела.

Одновременно при наблюдениях в скважинах может быть произведена корреляция оруденения, встреченного скважинами. В частности, если обратиться к рис. 1б, то на основании подобных измерений можно было бы уточнить взаимоотношение рудных тел, пересеченных скважинами 9 и 10.

В заключение кратко опишем пример определения элементов залегания сланцеватости. На рис. 6 показано положение максимума потенциала при заряде в скважине 3 (Винновское месторождение, Красноуральский район) на двух глубинах. В описываемом примере при заряде на малой вертикальной глубине (35 м) угол падения сланцеватости определяется с малой точностью, так как глубина до слабыветрелых пород соизмерима с глубиной заряда. При втором заряде отношение большой и малой полуосей достигает 2,0, S равняется 17 м, $h_2 = 65$ м, а h_k берем 15 м (средняя глубина до слабыветрелых пород). Отсюда получаем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{65 - 15}{17} \cdot \frac{4 - 1}{4} \approx 2,3; \quad \alpha = 65^\circ$$

Примерно такое же значение имеет угол падения сланцев по геологическим данным.

Учитывая, что мощность рыхлых отложений на Урале обычно не превышает 20—40 м, заряды в сланцеватых породах рекомендуется производить на вертикальной глубине порядка 75—150 м. При выборе точки заряда во вмещающих породах следует также учитывать возможное искажение поля оруденением. Вообще же при определении элементов залегания сланцеватости наиболее целесообразно заряжаться в скважинах, не встретивших оруденения.

Заключение

Практика обработки многочисленных материалов по Уралу показывает, что азимут простирания и падения, а также приближенный угол падения рудного тела и сланцеватости вмещающих пород уверенно определяется по данным метода заряда.

При определении указанных элементов залегания целесообразно использовать различные способы. Однако в условиях неоднородного строения вмещающей среды следует отдать предпочтение способу, основанному на определении направления и величины смещения максимума потенциала поля относительно эпицентра точки заряда. Азимут падения заряженного тела равняется обратному азимуту направления смещения максимума потенциала относительно эпицентра точки заряда, причем направление и величина смещения определяются в плоскости заряда, т. е. в вертикальной плоскости, проходящей через эпицентр точки заряда перпендикулярно простиранию рудного тела (аномалии).

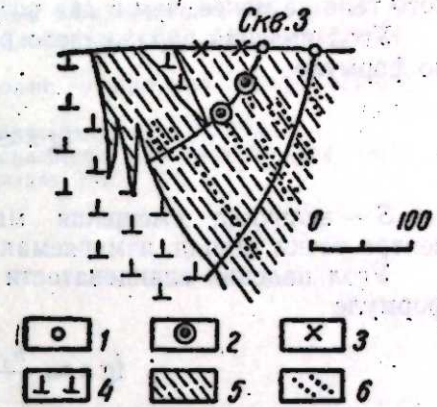


Рис. 6. Винновское месторождение. Заряд в скважине 3. 1 — устье скважины; 2 — точка заряда; 3 — максимум потенциала; 4 — зеленокаменные породы; 5 — метаморфические сланцы; 6 — крапленность сульфидов.

Описываемый способ применим при условии, что, во-первых, на плоскости наблюдений рудное тело вызывает искажение поля метода заряда, во-вторых, глубина h_2 заряда больше глубины h до верхней границы рудного тела не менее, чем в два раза.

Угол падения заряженного рудного тела (зоны) может быть оценен по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \frac{h_2}{S} \left(1 - \frac{h}{h_2} \right),$$

где S — величина смещения максимума потенциала относительно эпицентра точки заряда, измеряемая в плоскости заряда.

Угол падения сланцеватости может быть приближенно вычислен по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \frac{h_2 - h_k}{S} \frac{a^2 - b^2}{a^2},$$

где h_k — глубина залегания коренных пород, a и b — полуоси изолинии, прослеженной на дневной поверхности; причем при вычислениях выбираются те изолинии, на которых не сказывается влияние рыхлых отложений, перекрывающих коренные породы на исследуемой площади.

Точность определения угла падения зависит от степени неоднородности вмещающей среды и сложности строения проводящей зоны. При прочих равных условиях ошибка будет тем меньше, чем меньше отношение $\frac{h}{h_2}$. Если $\frac{h}{h_2} < 0,3$, то, как показывает обработка материалов по Уралу, угол падения отдельного более или менее правильного рудного тела и сланцеватости определяется с точностью до 10° .

Элементы залегания рудного тела и вмещающих пород могут быть найдены на основании исследования поля метода заряда на дневной поверхности или по скважинам. В начале разведки месторождения поле изучается на дневной поверхности при заряде на нескольких рудных интервалах, а также во вмещающих породах. Там, где рудные тела залегают согласно сланцеватости пород, прежде всего, целесообразно определить и направление сланцеватости, поскольку оно, как правило, определяется с большей точностью, чем элементы залегания рудных тел. Для этой цели лучше всего использовать скважины, не встретившие оруденения.

В дальнейшем, в целях более точного определения угла падения рудных тел, особенно на глубоких горизонтах ($h > 150$ м), а также для корреляции рудных интервалов, пересекаемых скважинами, изучение поля метода заряда продолжается, главным образом, по скважинам. Для этого рекомендуется сохранять несколько заземлений в основных рудных телах (зонах).

Для того, чтобы учесть возможное искажение поля, наблюдаемого на дневной поверхности, вследствие неоднородного строения вмещающей среды, по интерпретационному профилю целесообразно производить электропрофилирование по схеме $AA'MNB'B$ с разносами $A'B' = 40-60$ м и $AB = 100-150$ м и шаге 20 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Семенов, Метод заряженного тела при разведке и поисках сульфидных месторождений. Материалы ВСЕГЕИ, Сб. 11, 1947.
2. А. С. Семенов, Теория метода заряженного тела в применении к эквипотенциальным проводникам. Материалы ВСЕГЕИ. Геофизика, Сб. 13, Госгеоллиздат, М.—Л., 1942.
3. В. Р. Бурсиан, Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке, ГТИИ, Л.—М., 1933.
4. А. И. Заборовский, Электроразведка, Гостоптехиздат, Л.—М., 1943.
5. С. М. Шейнман, Элементы теории электроразведки анизотропных сред. Материалы ВСЕГЕИ, Геофизика, Сб. 9—10, Госгеоллиздат, 1941.

Т. В. ЗАБОЛОЦКИЙ, Б. И. СЕРГЕЕВ

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ СХЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО
ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РАЗРЯДА И МЕТОДИКИ
ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА, НАПРЯЖЕНИЯ И МОЩНОСТИ

В практическом применении высокочастотного разряда для газовой электрохимии существенное значение имеет генератор с высоким коэффициентом полезной отдачи энергии разряду.

К сожалению, в литературе отсутствуют сведения о применении высокочастотных генераторов в разрядной технике, что отрицательно сказывается на практическом осуществлении газовой электрохимии. Мало разработанная методика электрических измерений высокочастотного разряда — тока, напряжения и мощности, в свою очередь, задерживает развитие этого вопроса.

Высокочастотные генераторы для разрядной техники должны, как нам кажется, отвечать следующим требованиям. Обладая большим коэффициентом полезного действия, который играет существенную роль в энергетическом выходе продукта, они должны быть собраны по наиболее простой схеме с широким диапазоном частот, плавной настройкой и обеспечивать создание устойчивого разряда.

Постановка исследований в этом направлении имела своей целью отыскание оптимальных условий работы применяемых схем для осуществления разряда, а также разработку методик более точного измерения его тока, напряжения и мощности. Исследования производились на высокочастотной установке, собранной по двухтактной схеме, в диапазоне 40—120 м [1, 2].

Связь электродов разряда с колебательным контуром генератора. Необходимым условием нормальной работы лампового генератора высокой частоты является выбор связи колебательного контура с электродами, при которой обеспечивается сохранение величины эквивалентного сопротивления контура $R_{экс}$, равного расчетному. Так как электронная лампа является источником ЭДС, то контур, настроенный в резонанс, может быть заменен обыкновенным активным сопротивлением, равным $R_{экс}$, потому что в обоих случаях сила тока в цепи и отдаваемая мощность остаются одинаковыми. Поэтому всякое изменение $R_{экс}$ контура будет сильно влиять на отдаваемую мощность генератора высокой частоты. При резонансе контур представляет большое чисто активное сопротивление для частоты, на которую настроен генератор:

$$R_{рез} = Q \sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ где } R_{рез} \text{ — сопротивление контура при резонансе, } C \text{ — емкость контура, } L \text{ — индуктивность контура, а } Q \text{ — добротность контура.}$$

Поэтому нормальная работа генератора возможна при $R_{экс} < R_{нагрузки}$. Эти условия легко осуществимы при постоянной нагрузке и затруднительны при переменной нагрузке. Случай переменной нагрузки контура генератора имеет место при использовании его для получения газового высокочастотного разряда.

Сопротивление разряда R_g зависит от ряда факторов, основными из которых являются: расстояние между электродами, интенсивность охлаждения разряда, затрата энергии на химические реакции и потери ее в окружающую среду. Изменение сопротивления разряда R_g изменяет $R_{экс}$ контура, так как R_g является нагрузкой контура лампового генератора. Таким образом, изменение расстояния между электродами, а также напряжения на анодах ламп ведут к заметному изменению напряжений на электродах разряда, тока и мощности, выделяемой в разряде.

С целью выбора высокочастотного генератора, обеспечивающего поставленные требования, испытывались различные схемы с внешнеемкостной и индуктивной связью.

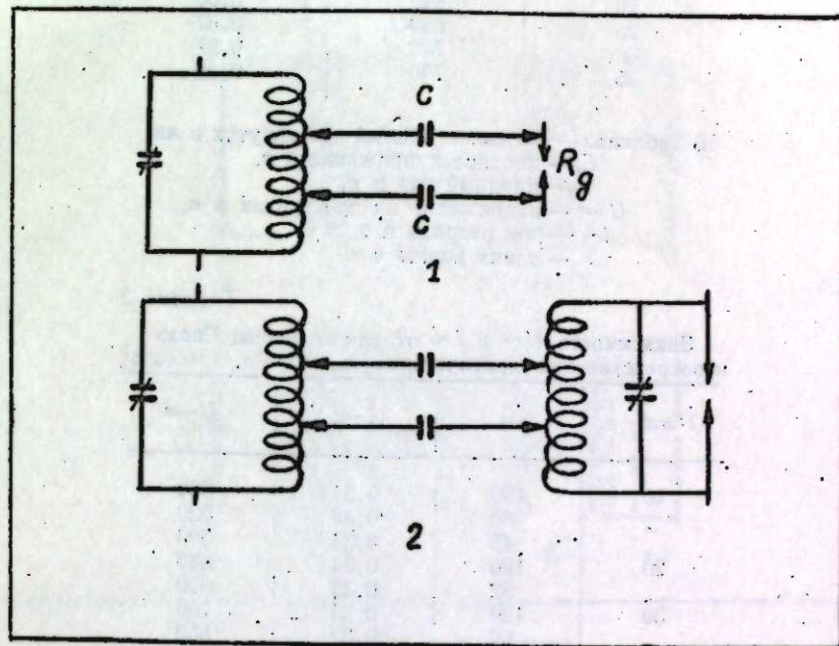


Рис. 1. Емкостная связь.

1. Непосредственное подключение электродов разряда к колебательному контуру генератора, или внешнеемкостная связь.

Принципиально этот вид связи осуществляется таким образом, что через переходные конденсаторы «с» электроды разряда соединяются с колебательным контуром выходного каскада генератора высокой частоты.

В поисках хорошей схемы внешнеемкостной связи разряда с контуром генератора были собраны различные схемы, две из них представлены на рис. 1. При работе в случае критической связи по схеме 1 получался устойчивый разряд, при этом разряду передается максимум энергии и создается возможность увеличения разрядного промежутка до 100 мм. С изменением числа витков контура отдача энергии разряду изменяется. Здесь может быть два случая — «сильной» и «слабой» связи, не обеспечивающих хорошей работы генератора. С применением промежуточного контура по схеме 2 (рис. 1), при изменении числа витков на нем, также происходит изменение напряжения на электродах; однако эта схема труднее в управлении и не оправдала себя в работе.

Результаты испытаний схем представлены в таблицах 1—4, в которых даны изменения тока и напряжения разряда при непосредственной связи его с контуром генератора.

Таблица 1

Зависимость напряжения и тока разряда от межэлектродного расстояния при непосредственной «критической» связи

$E_a = 2500$	$J_a = 0,42$	$\lambda = 120 \text{ м}$
$l \text{ мм}$	$u \sim v$	$i \sim a$
5	440	0,35
10	520	0,35
15	600	0,36
20	640	0,36
25	680	0,37
30	740	0,37
35	780	0,38

В таблицах l — межэлектродный промежуток в мм,
 E_a — анодное напряжение в в,
 J_a — анодный ток в а,
 $U \sim$ — напряжение на электродах в в,
 $i \sim$ — ток разряда в а,
 λ — длина волны в м.

Таблица 2

Зависимость $U \sim$ и $i \sim$ от длины волны. Связь непосредственная «критическая» $E_a = 2000 \text{ в}$, $i = \text{const}$

$l \text{ мм}$	$\lambda \text{ м}$	$i \sim a$	$U \sim v$
10	120	0,34	660
.	82	0,36	520
.	45	0,34	500
20	120	0,34	680
.	82	0,32	620
30	120	0,34	700
.	82	0,32	650

Результаты измерений «слабой» и «сильной» связи видны из таблиц 3 и 4.

Таблица 3

Зависимость $U \sim$ от E_a при непосредственной «слабой» связи. Расстояние между электродами постоянное. $\lambda = 105 \text{ м}$

$E_a \text{ в}$	$J_a \text{ а}$	$i \sim a$	$U \sim v$
2000	0,50	2,0	600
2100	0,50	2,2	600
2500	0,55	2,8	680

Таблица 4

Зависимость $U \sim$ от E_a при непосредственной «сильной» связи. Расстояние между электродами постоянное. $\lambda = 105 \text{ м}$

$E_a \text{ в}$	$J_a \text{ а}$	$i \sim a$	$U \sim v$
2000	0,40	0,4	340
2500	0,60	0,5	560
3000	0,70	0,7	640

Таким образом, схема 1, собранная по непосредственной «критической» связи, обеспечивает устойчивый разряд при значительном увеличении расстояния между электродами. При этом с увеличением l напряжение увеличивается значительно больше, чем ток (табл. 1). Такая же закономерность наблюдается и при изменении длины волны в пределах от 45 до 120 м (табл. 2).

Из таблиц 3 и 4 следует, что при «сильной» связи имеет место более резкое изменение напряжения разряда $U \sim$ при изменении анодного напряжения E_a .

2. Индуктивная связь. При индуктивной связи (см. схемы 3, 4 и 5, рис. 2) выходной контур генератора высокой частоты становится уже промежуточным контуром, и полезная мощность генератора определяется мощностью, переданной из этого контура в нагрузку. Связь нагрузки с промежуточным контуром приводит к изменению активного и реактивного сопротивления последнего.

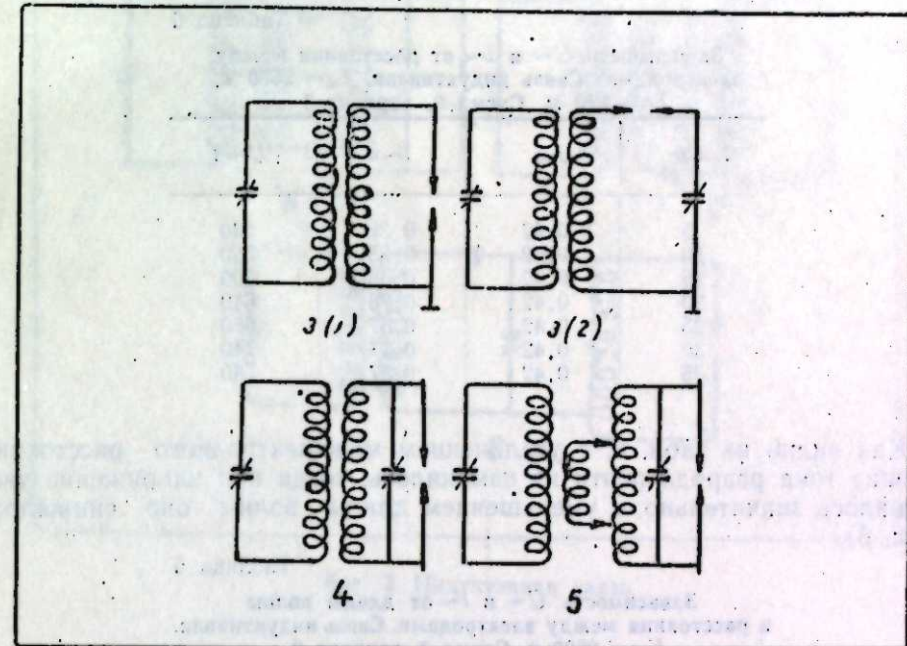


Рис. 2. Индуктивная связь.

Если для упрощения считать, что сопротивление разряда является чисто активным, то вносимое в промежуточный контур сопротивление также можно считать активным и оно должно уменьшать величину $R_{экс}$ контура.

Для этого случая необходимо соблюдение условия: $R_{экс} > R_{нагрузки}$. Если связь нагрузки с промежуточным контуром обеспечивает условие, при котором $R_{экс} = R_{нагрузки}$, то передача мощности из промежуточного контура в нагрузку будет максимальной. К. п. д. передачи из одного контура в другой зависит от степени связи между ними и определяется выражением:

$$\eta_k = \frac{x_{св}^2 / R_g}{R_m + x_{св}^2 / R_g}$$

где $x_{св}$ — сопротивление связи между контурами, равное $x_{св} = \omega \mu$,
 ω — круговая частота,

μ — коэффициент взаимной индукции.

При «сильной» связи $R_{экс}$ промежуточного контура оказывается очень малым, и мощность в анодной цепи лампы падает быстрее, чем растет η_k . Передаваемая в нагрузку мощность уменьшается. Таким образом, изменяя связь, можно за счет изменения мощности на нагрузке уменьшать

влияние R_g на $R_{экс}$ промежуточного контура. При изменениях R_g за счет связи можно поддерживать величину $R_{экс}$ в пределах, обеспечивающих нормальную работу лампового генератора. Преимуществом индуктивной связи является возможность применения для измерений электрических приборов, требующих заземления.

В поисках схемы, обеспечивающей наиболее устойчивый активный разряд при индуктивном виде связи, был собран ряд схем, при этом в каждом случае подбирались «критическая» связь. Схема 3 осуществлялась в двух вариантах (рис. 2).

Приводим результаты исследований схемы 3 по двум вариантам.

Таблица 5

Зависимость U_{\sim} и I_{\sim} от расстояния между электродами. Связь индуктивная. $E_a = 2500$ в, $\lambda = 120$ м. Схема 3, вариант 1

r , мм	$I_{a\sim}$	$I_{\sim a}$	U_{\sim} в
5	0,42	0,35	440
10	0,42	0,35	520
15	0,42	0,36	600
20	0,42	0,36	640
25	0,42	0,37	680
30	0,42	0,37	740
35	0,42	0,37	780

Как видно из табл. 5, с увеличением межэлектродного расстояния значение тока разряда почти не изменялось, тогда как напряжение увеличивалось значительно, с уменьшением длины волны оно снижалось (табл. 6).

Таблица 6

Зависимость U_{\sim} и I_{\sim} от длины волны и расстояния между электродами. Связь индуктивная. $E_a = 2600$ в. Схема 3, вариант 2

r , мм	λ , м	$I_{\sim a}$	U_{\sim} в
10	120	0,34	640
.	82	0,26	520
.	45	0,36	500
20	120	0,34	660
.	82	0,28	620
30	120	0,34	680

При работе генератора по схеме варианта 2 с увеличением расстояния между электродами сила тока разряда падала, а напряжение возрастало. Изменением величины емкости конденсатора «с» удавалось в некоторых пределах регулировать ток и напряжение при сохранении постоянного расстояния между электродами.

В подробном описании работы каждой схемы и ее деталей нет необходимости; можно сказать лишь, что каждая из схем оказывает влияние на работу генератора, внося в его контур дополнительное сопротивление и уменьшая $R_{экс}$ контура, особенно заметное при горении разряда. Схемы 4—8 (рис. 3) не применялись в нашей практике, так как мало отличались одна от другой и не обеспечивали стабильности разряда.

Из рассмотренных схем с индуктивной связью более приемлемым оказался вариант 1 схемы 3.

Результаты исследования описанных видов связи и сравнения их между собой показывают, что лучшие условия для осуществления высокочастотного разряда обеспечиваются при непосредственной связи его с контуром генератора, осуществляемой схемой 1. В этом случае получается более устойчивый и химически более активный разряд.

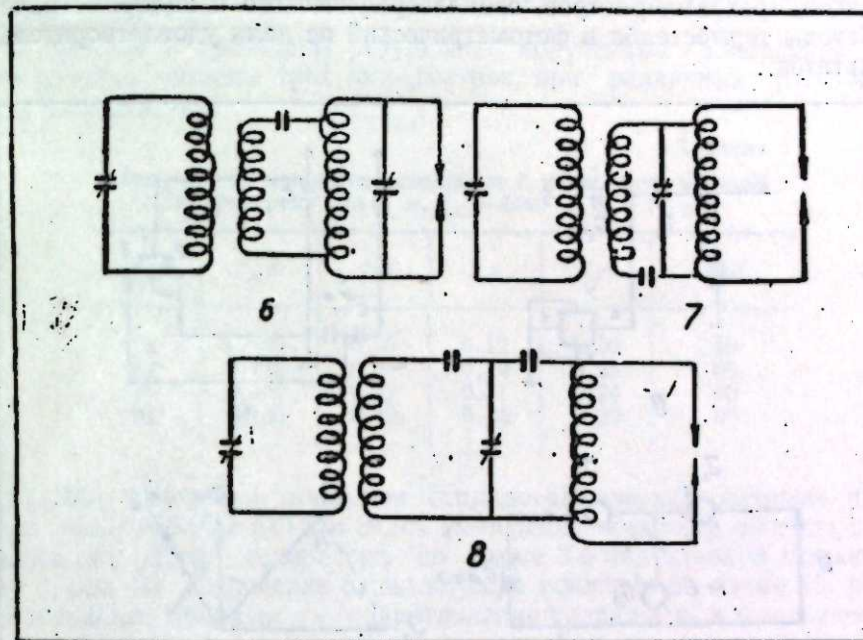


Рис. 3. Индуктивная связь.

Радиоизмерение энергетических параметров разряда

1. Измерение напряжения и тока разряда генератора, собранного по схеме 1.

Для измерения напряжения на электродах разряда применялись катодный вольтметр, ВКС-7, с дополнительным делителем напряжения, являющимся его составной частью, и катодный осциллограф, который подключался через емкостный делитель к одному из электродов (см. схему 9 рис. 4). По чувствительности трубки осциллографа (q), емкости ($c_1 c_2$) и измеренной высоте половины синусоиды (a), полученной на экране трубки, определялось напряжение по формуле:

$$U = \frac{Kaq}{\sqrt{2}},$$

где коэффициент $K = \frac{c_1 + c_2}{c_1}$.

Измерение тока разряда производилось хорошо зарекомендовавшим себя миллиамперметром типа Т-41 с отдельной термопарой.

В результате длительных измерений выяснилось, что при соответствующем включении в цепь (рис. 4) вполне приемлемым для измерения напряжения и тока в высокочастотном разряде оказались приборы ВКС-7 и Т-41.

2. Измерение мощности высокочастотного разряда связано с большими экспериментальными трудностями.

Существующие в радиотехнике методы измерения мощности высокочастотных генераторов не получили применения в практике разряда. Поэтому для измерения мощности высокочастотного разряда были проведены систематические испытания известных методов: термостолба, фотометрического, трех амперметров, осциллографического и калориметрического. Методы термостолба и фотометрический не дали удовлетворительных результатов.

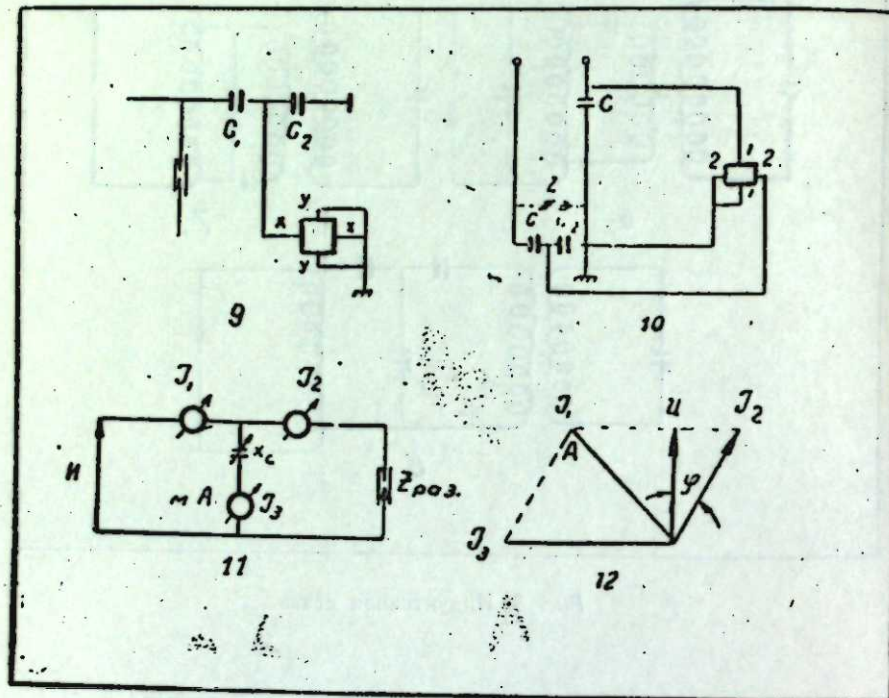


Рис. 4. Схемы включения приборов.

Ниже приводится описание методов и полученные результаты при измерении мощности высокочастотного разряда тремя амперметрами, осциллографическим и калориметрическим методами.

а) При измерении мощности разряда методом трех амперметров последние включаются в цепь согласно схеме 11 (см. рис. 4). Мощность, выделяемая в разряде, равняется

$$P = UI_2 \cos \varphi = x_c I_3 I_2 \cos \varphi \quad (1)$$

Так как $I_3 I_2 \cos \varphi$ есть удвоенная площадь треугольника ОАС, равная (см. схему 12, рис. 4).

$$OAC = \sqrt{S(S - I_1)(S - I_2)(S - I_3)}, \quad (2)$$

где I_1, I_2, I_3 — показания амперметров в амперах,
 S — полупериметр треугольника ОАС, равный

$$S = \frac{1}{2} (I_1 + I_2 + I_3) \quad (3)$$

Подставляя в равенство (1) вместо произведения $I_1 I_2 \cos \varphi$ его значение, выраженное уравнением (2), получим значение мощности разряда, равное:

$$P = 2x_c \sqrt{S(S - I_1)(S - I_2)(S - I_3)}$$

Метод измерения мощности тремя амперметрами дает хорошие результаты при малых реактивных сопротивлениях нагрузки, наблюдаемых в высокочастотном разряде.

Правильные результаты измерения рассматриваемым методом возможно получить, конечно, при условии применения строго однотипных приборов.

В таблице 7 приведены результаты, полученные измерением мощности разряда методом трех амперметров, при различных расстояниях между электродами.

Таблица 7

Зависимость мощности разряда от l , измеренной методом 3 амперметров, $\lambda = 110$ м, $E_A = 2500$ в, $C = 15$ мкФ

l мм	J_A а	J_1 а	J_2 а	J_3 а	Рвт
6	0,100	0,40	0,12	0,30	50
10	0,125	0,31	0,10	0,23	60
15	0,150	0,32	0,11	0,24	66
20	0,150	0,42	0,13	0,32	90

б) Для измерения мощности осциллографическим методом применялись осциллографы КО-3 и ЭО-5. Измерение мощности разряда производилось при работе генератора по схеме 3 с индуктивной связью (см. схему 3, рис. 2). Включение осциллографа показано на схеме 10, рис. 4. В обозначениях принято: z — сопротивление разряда; c_1 и c_2 — емкостный делитель напряжения, c — емкость, с которой снималось напряжение на пластины осциллографа 1,1—2,2.

Вычисление мощности разряда производилось по сокращенной формуле:

$$P = K_{pq} c f S,$$

где p, q — чувствительность трубки по осям «х» и «у» в в/см,

c — емкость конденсатора в ф,

f — частота генератора в гц,

S — площадь эллипса в см²,

$K = \frac{c_1 + c_2}{c_1}$ — поправочный множитель.

В таблице 8 даны значения мощности разряда, измеренной осциллографическим методом, при различных расстояниях между электродами. $E_A = 2500$ в, $I_A = 0,37$ а.

Таблица 8

Зависимость мощности разряда от l , измеренной осциллографическим методом.
 $c_1 = 13$ мкФ, $c_2 = 43$ мкФ

l мм	K	См ²	$c \cdot 10^{12}$ ф	Рвт
5	4,3	379	560	51
10	.	415	560	56
15	.	485	560	65
20	.	517	560	85
25	.	680	560	98

в) Калориметрический метод определения мощности разряда является наиболее изученным [3, 4]. Он применялся нами параллельно с электрическим методом в статическом и динамическом (проточном) вариантах во многих работах и заслуживает внимания.

В первом случае разрядная трубка помещалась в масляный калориметр, предварительно градуированный с помощью спирали, питаемой током определенной мощности. Изменение температуры масла в калориметре при горении разряда определялось термометром Бекмана. Для определения мощности разряда при различных расстояниях между электродами было изготовлено специальное приспособление, позволяющее разводить электроды и измерять расстояние между ними, не вынимая трубки из калориметра. Суммарная мощность, выделяемая в разряде и на электродах ($P_{общ}$), определялась по степени нагревания масла в калориметре. Во втором случае, проточном, определение мощности, выделяемой в разряде и на электродах, производилось отдельно в трубках, описанных в прежних работах [1, 2].

Для осуществления проточного метода применялась кварцевая разрядная трубка с рубашкой, в которую поступала проточная вода или масло.

Применялись как охлаждаемые, так и неохлаждаемые электроды. По количеству жидкости, прошедшей через рубашку трубки и каждый электрод за время опыта, и разности температуры жидкости на входе и выходе из рубашки и электродов отдельно вычислялась мощность, выделяемая в разряде ($P_{разр}$), и мощность, затраченная на нагрев каждого электрода: $P_{эл} = (P_{1эл} + P_{2эл})$. Суммированием этих мощностей определялась общая мощность, подводимая к разряду. $P_{общ} = P_{разр} + P_{эл}$.

Ниже представлены результаты определения мощности разряда при различных межэлектродных промежутках и различных мощностях разряда двумя описанными методами.

Одновременно с калориметрическими данными в таблицах приведены значения тока в разряде ($i \sim a$) и напряжения на электродах ($U \sim в$), измеренные с помощью электрических приборов при $\lambda = 120 м$. В таблицах даны также значения анодного напряжения E_A в в и анодного тока в а IА.

В таблицах 9, 10, 11 и 12 представлены результаты определения мощности разряда калориметрическим методом в капиллярной и цилиндрической трубках. Кроме указанных выше величин, в таблицах даны значения потерь на электродах ($P_{эл}$), выраженные в процентах и вычисленные как отношение мощности, затраченной на нагрев электродов, к общей мощности, подведенной к разряду.

$$P_{эл} = \frac{(P_{1эл} + P_{2эл}) 100}{P_{1эл} + P_{2эл} + P_{разр}}$$

Таблица 9

Определение мощности высокочастотного разряда в капиллярной трубке калориметрическим (статическим) методом $E_A = 2500 в$, $J_A = 0,15 а$

l мм	i ~ a	P вт
2	0,13	44
7	0,21	75
12	0,24	80
17	0,30	86
20	0,37	90
25	0,44	110

Таблица 10
Определение зависимости мощности высокочастотного разряда от расстояния между электродами в капиллярной трубке калориметрическим (проточным) методом на медных, охлаждаемых электродах
 $E_A = 2500 в$, $J_A = 0,125 а$, $V^* = 100 мл/мин$

l мм	Электрические измерения		Калориметрические измерения				
	i ~ a	U ~ в	$P_{разр}$ вт	$P_{1эл}$ вт	$P_{2эл}$ вт	$P_{общ}$ вт	$P_{эл}$ %
2	0,11	440	18,0	27,3	24,8	70,0	74,4
4	0,12	570	31,0	25,6	24,4	81,0	62,0
8	0,13	560	45,0	26,0	24,6	95,6	52,5
14	0,14	600	80,5	27,5	25,4	133,4	40,0
20	0,16	700	102,0	27,5	25,4	154,3	34,2

* V — скорость газового потока.

Таблица 11

Определение зависимости мощности высокочастотного разряда от расстояния между электродами в капиллярной трубке калориметрическим (проточным) методом на медных, неохлаждаемых электродах
 $E_A = 2000 в$, $J_A = 0,14 а$, $\lambda = 120 м$

l мм	i ~ a	$P_{общ}$ вт
2	0,11	19,8
5	0,14	41,0
8	0,15	50,0
10	0,18	65,6
13	0,21	67,2
17	0,24	80,0
20	0,30	94,5
24	0,32	100,0

Таблица 12

Измерение мощности высокочастотного разряда при различной скорости газового потока в цилиндрической трубке калориметрическим методом на медных, охлаждаемых электродах. $E_A = 2500 в$

V мл/мин	l мм	$P_{1эл}$ вт	$P_{2эл}$ вт	$P_{разр}$ вт	$P_{общ}$ вт	$P_{эл}$ %
134	10	51,5	53,5	65,8	170,8	64,3
1100	10	47,5	66,5	90,0	204,0	56,0
2000	10	57,4	76,8	92,5	226,7	60,0
145	20	53,8	80,0	114,0	247,8	54,5
1000	20	53,2	83,0	117,0	253,2	51,0
1690	20	48,5	76,3	124,0	248,8	51,0

Из приведенных результатов измерений следует, что мощность, затрачиваемая на нагрев электродов ($P_{1эл} + P_{2эл}$), не зависит от межэлектродного пространства l, тогда как мощность, выделяемая в разряде ($P_{разр}$), увеличивается с его ростом. То же наблюдается и в случае измерения мощности и статическим методом. Последнее подтверждает ранее найденную зависимость Е. Н. Ереминым [4].

В связи с этим обстоятельством потери на электродах $P_{эл}$ с увеличением расстояния между ними уменьшаются (табл. 10). Из таблицы также видно, что с увеличением расстояния между электродами напряжение в разряде увеличивается быстрее, чем ток.

Таким образом, мощность разряда растет преимущественно за счет увеличения напряжения и в меньшей степени за счет тока. Такая зависимость еще более выражена, если задающий контур оборудован более мощными лампами.

Сравнение результатов измерения мощности разряда, полученной различными методами, показывает, что значения мощности, полученные методом 3 амперметров и осциллографическим методом, близки между собой (табл. 7 и 8), однако они несколько ниже значений, полученных калориметрическим методом (табл. 7, 8, 10 и 11). Последнее объясняется принципиальным различием рассматриваемых методов. Известно, что точность показания электроприборов, особенно при измерении высокочастотного разряда, определяется целым рядом условий, например, схемой включения, удалением приборов от разряда и др.

Калориметрический метод хотя и обладает некоторыми достоинствами (раздельное определение мощности электродов и трубки), тем не менее полученные с его помощью результаты измерений не всегда однозначны и требуют внимательного их анализа. Так, измерения $P_{об}$ калориметрическим проточным и статическим методами на неохлаждаемых электродах дают сравнимые данные (ср. табл. 9 и 11), тогда как значения $P_{обц}$, полученные тем же методом, на охлаждаемых электродах, всегда выше (табл. 10, 12). Интересно, что в этом, последнем случае полученные значения $P_{разр}$ ближе всего к значениям $P_{обц}$, полученным на неохлаждаемых электродах. Это приводит к выводу о возможности значительного уменьшения потерь электродами при применении их без охлаждения со специальной керамической защитой их поверхности.

Мощность, измеренная калориметрическим, статическим методом, представляет собой сумму мощностей ($P_{обц}$), равную расходу энергии на нагревание электродов ($P_{эл}$), на нагревание газа ($P_{газ}$), на химические процессы ($P_{реакц}$).

$$P_{обц.ст.} = P_{эл} + P_{газ} + P_{реакц.}$$

Однако при использовании этого метода найденную мощность $P_{обц.ст.}$ не представляется возможным распределить между отдельными статьями потерь $P_{эл}$, $P_{газ}$ и $P_{реакц.}$

Калориметрический, проточный, метод позволяет определить расход энергии на нагревание электродов и энергию, поступающую в разряд:

$$P_{обц.прот.} = P_{разр} + P_{эл.}$$

При этом под $P_{разр}$, как уже говорилось, подразумевается энергия, выделенная в разряде. Часть ее расходуется на химические реакции, а часть растрачивается бесполезно — на нагрев газа, на потери излучения и др.

Анализируя результаты обоих методов, можно сказать, что в случае неохлаждаемых электродов:

$$P_{обц.прот.} = P_{обц.ст.},$$

$$\text{а поэтому } P_{эл} + P_{газ} + P_{реакц} = P_{эл} + P_{разр}$$

$$\text{или } P_{разр} = P_{газ} + P_{реакц.}$$

Таким образом, $P_{разр}$ состоит из полезно затраченной энергии на химические реакции $P_{реакц}$ и энергии, преобразованной в тепловые и другие потери, $P_{газ}$.

Следовательно, калориметрический метод сравним с электрическим методом, при его помощи можно учесть, какая часть энергии теряется бесполезно для химических реакций и какая часть полезно расходуется.

Кроме того, проточный метод позволяет учесть энергию, теряемую электродами, и приближенно оценить энергию, расходуемую на полезные процессы в разряде. Он показывает, что потери на металлических, незащищенных, охлаждаемых электродах составляют 30—75 и более процентов в зависимости от расстояния между электродами и что, следовательно, необходимы и возможны мероприятия по уменьшению этих потерь: чем меньше потери электродами $P_{эл}$, тем больше энергии поступает в разряд, то есть тем больше $P_{разр}$.

Калориметрический метод значительно дополняется электрическими методами и в сочетании с ними позволяет определить мощность разряда с достаточной точностью.

Выводы

1. Из рассмотренных схем наилучшей оказалась схема емкостной связи электродов с контуром генератора, обеспечивающая устойчивый и хорошо управляемый в широком интервале межэлектродных расстояний, высокочастотный разряд.

2. Мощность, затрачиваемая на нагрев электродов, не зависит от межэлектродного расстояния, тогда как с его увеличением значительно увеличивается отдача мощности разряду и уменьшаются относительные потери электродами.

3. Для рассматриваемого случая показано, что увеличение мощности разряда с ростом межэлектродного пространства происходит за счет увеличения напряжения и в меньшей степени за счет увеличения тока. При работе на лампах большей мощности наблюдается значительное увеличение тока.

4. Результаты измерения мощности высокочастотного разряда при помощи трех амперметров, осциллографическим и калориметрическим методами в определенных условиях работы сравнимы между собой и, дополняя друг друга, дают более полную характеристику разряду.

5. Сравнение результатов замера мощности разряда в статической и проточной системах работы с неохлаждаемыми и охлаждаемыми электродами позволяет выяснить расход мощности на нагрев электродов, найти мощность, выделяемую в разряд и на различные потери.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
7/VII 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. В. Заболоцкий, Химическая наука и промышленность, 1, № 6, 1956.
2. Т. В. Заболоцкий, Известия восточных филиалов АН СССР, 1, № 1, 1957.
3. С. С. Васильев и Е. Н. Еремин, Ученые записки МГУ, в. 86, кн. 2, 1946.
4. Е. Н. Еремин и В. Г. Людковская, Труды Государственного научно-исследовательского и проектного института азотной промышленности (ГИАП), вып. 1, 1953.

Ю. Л. ПЛИНЕР

**ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА ШИХТЫ И ЭЛЕКТРОПОДОГРЕВА
ЖИДКИХ ШЛАКОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОЙ
ВЫПЛАВКИ ФЕРРОТИТАНА**

Внепечное алюминотермическое производство ферротитана, протекающее без подвода тепла извне, возможно лишь в том случае, если теплота, выделяющегося во время реакций восстановления, достаточно для покрытия тепловых потерь и перегрева расплава до температур, обеспечивающих разделение металлической и шлаковой фаз. Недостаток теплоты, выделяющегося во время алюминотермических реакций, замедляет ход плавки, приводит к разделению металла и шлака, дает повышенное содержание алюминия в сплаве, в результате чего снижаются технико-экономические показатели выплавки и качество получаемого металла. При большом недостатке теплоты проведение алюминотермических реакций внепечным методом вообще невозможно. С другой стороны, выделение чрезмерно большого количества теплоты ведет к бурному ходу плавки (вплоть до взрыва), сопровождающемуся значительным уносом шихтовых материалов, выбросами расплава и повышенным испарением элементов; к тому же повышение количества теплоты в большинстве случаев происходит за счет введения в шихту термитных добавок ($Fe_2O_3 + Al$; $NaNO_3 + Al$; $KClO_3 + Al$ и др.), что увеличивает расход восстановителя, занимающего в себестоимости ферротитана свыше 50%.

Процесс производства ферротитана, так же как и производство других сплавов алюминотермическим методом, протекает при очень высоких температурах (1800—2100°). Однако даже при этих температурах не удается полное разделение металлической и шлаковой фаз вследствие большой вязкости высокоглиноземистых шлаков, малой разности удельных весов металла и шлака и, особенно, из-за быстрого застывания расплава после окончания плавки. Петрографическое исследование промышленных шлаков выплавки ферротитана показывает, что в них остается от 5 до 15% всего восстановленного металла. Дальнейшее повышение удельной теплоты процесса с целью более полного осаждения металла не всегда приводит к положительным результатам и из-за высокой стоимости алюминия в большинстве случаев не является экономически обоснованным. Значительно более выгодным является предварительный подогрев шихты, осуществляемый без затрат дорогостоящего алюминия. Повышение величины истинной удельной теплоты процесса за счет физического теплоты, вносимого нагретой шихтой, может быть рассчитано по уравнению:

$$\Delta H = \delta H_t - \delta H_0 = 0,85gt_n,$$

где δH_0 — удельная теплота процесса на холодной шихте,
 δH_t — удельная теплота процесса на горячей шихте,
 t_n — температура нагрева шихты,
 g — тепловой коэффициент (Боголюбов В. А. Сталь № 1, 1952 г.).
Расчеты показывают, что нагрев шихты на 100° равноценен изменению удельной теплоты процесса на 30 кал на 1 кг шихты. Для получения

такого же эффекта путем введения в шихту дополнительных количеств железотермитной смеси необходимо затратить около 70 кг алюминия на каждую тонну выплавляемого ферротитана.

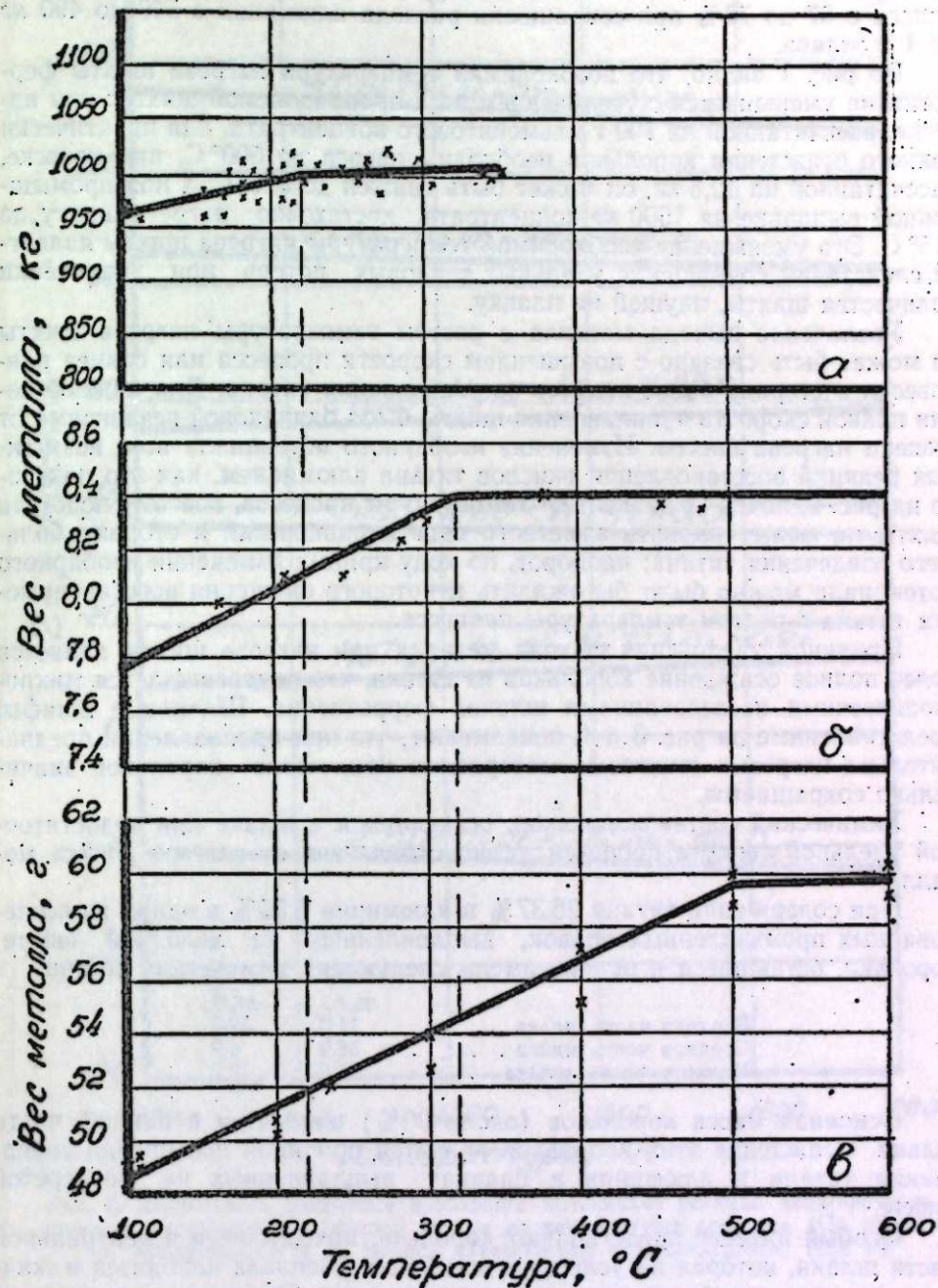


Рис. 1. Влияние предварительного подогрева шихты на выход металла при выплавке ферротитана:

а — промышленные плавки на 1500 кг концентрата; б — крупно-лабораторные плавки на 12,5 кг концентрата; в — лабораторные плавки на 100 г концентрата.

Опытами, проведенными на лабораторных, крупно-лабораторных и промышленных плавках ферротитана (рис. 1), установлено, что при нагреве шихты выход металла значительно повышается и при промышлен-

ной выплавке составляет до 8% от общего веса сплава. Переход к выплавке ферротитана на нагретой шихте на Ключевском заводе ферросплавов в 1956 г. позволил повысить извлечение титана на выплавке с 67 до 72% при сокращении расхода алюминия с 540 до 490 кг на 1 т сплава.

Из рис. 1 видно, что необходимая температура нагрева шихты ферротитана уменьшается с увеличением веса проплавляемой шихты: при навеске, рассчитанной на 100 г ильменитового концентрата, для практически полного осаждения корольков необходим нагрев до 500° С, при навеске, рассчитанной на 12,5 кг, он может быть снижен до 320° С, а при промышленной выплавке на 1500 кг концентрата достаточно нагреть шихту до 215° С. Это уменьшение необходимой температуры нагрева шихты является следствием сокращения удельных тепловых потерь при увеличении количества шихты, идущей на плавку.

Увеличение выхода металла с ростом температуры нагрева шихты не может быть связано с повышением скорости процесса или сдвига равновесия в сторону более полного восстановления титана. Для каждой серии плавков скорость проплавления шихты была одинаковой независимо от степени нагрева шихты. Изменение изобарного потенциала всех возможных реакций восстановления окислов титана алюминием, как это показано на рис. 2, почти не зависит от температуры процесса, поэтому подогрев шихты не может вызвать заметного сдвига равновесия в сторону большего извлечения титана; наоборот, по ходу кривых изменения изобарного потенциала можно было бы ожидать некоторого снижения восстановимости титана с ростом температуры процесса.

Причиной увеличения выхода металла при нагреве шихты является более полное осаждение корольков из шлака, что подтверждается микроскопическими исследованиями шлаков ферротитана. Шлаковые шлифы, представленные на рис. 3 и 4, показывают, что при проплавлении предварительно нагретых шихтовых материалов количество корольков значительно сокращается.

Химический состав корольков, остающихся в шлаке при недостаточной удельной теплоте процесса, резко отличается от состава слитка металла.

При содержании титана 26,37% и алюминия 6,55% в одной из исследованных промышленных плавков, выплавленных на холодной шихте, корольки, оставшиеся в шлаке, имели следующий химический состав:

	Ti, %	Al, %
Верхняя часть шлака	11,0	52,0
Средняя часть шлака	38,9	4,9
Нижняя часть шлака	31,2	9,2

Основная масса корольков (около 90%) находится в нижней части шлака. Осаждение этих корольков является причиной повышения содержания титана и алюминия в плавках, выплавленных на подогретой шихте.

Особый интерес представляют корольки, находящиеся в центральной части шлака, которая по условиям остывания расплава находится в жидком состоянии наиболее продолжительное время. Отношение содержания титана к содержанию алюминия в этих корольках вследствие длительной рафинировки достигает 7,5—8,0 в то время, как в слитке ферротитана оно не превышает 5,0—5,5.

Положительное влияние сокращения скорости застывания расплава было обнаружено и на лабораторных плавках ферротитана (100 г ильменитового концентрата). Плавки, проведенные в магнетитовом тигле, нагретом в печи ТГ-3 до температуры 1300°, и остывшие вместе с печью в

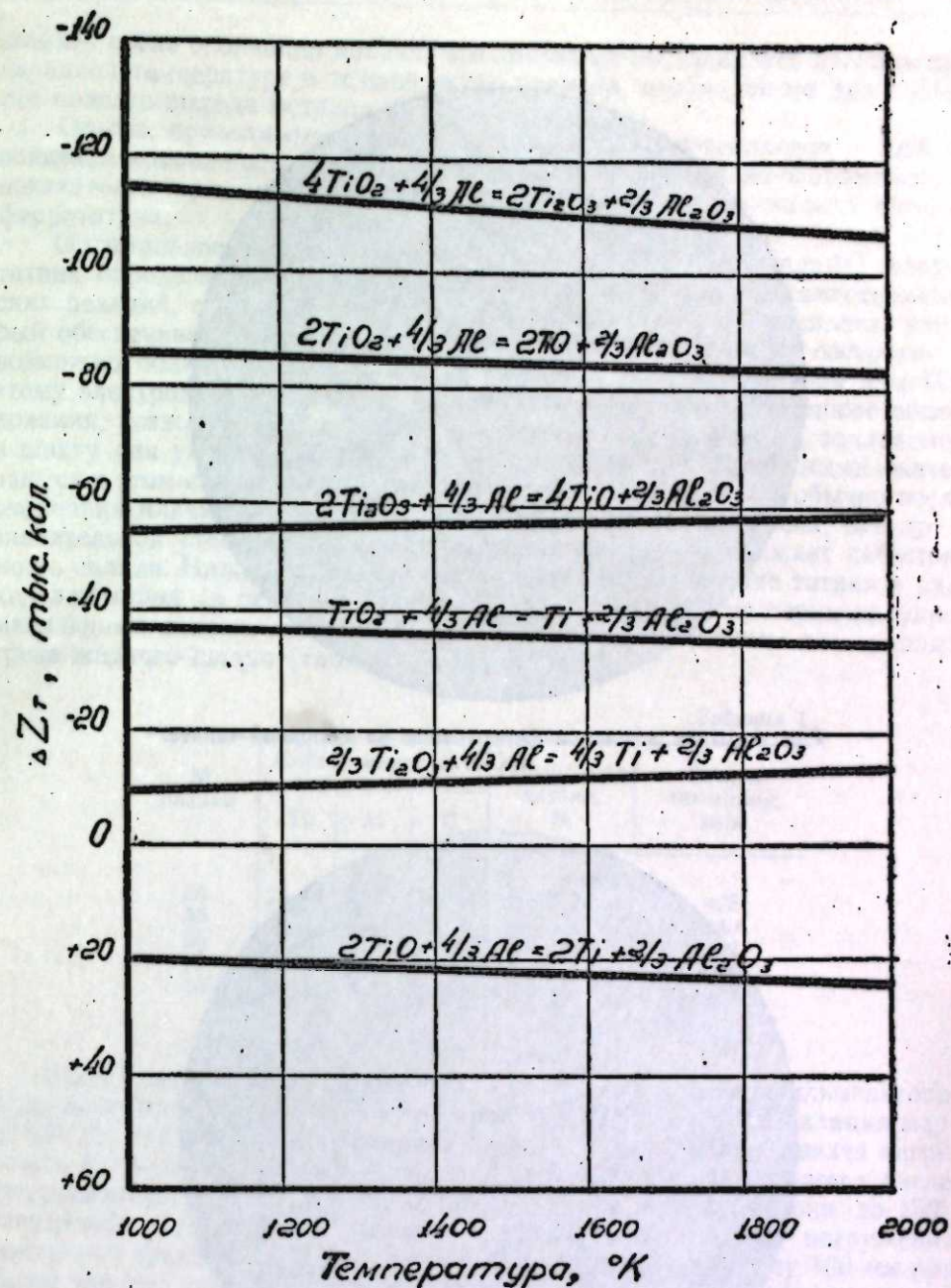


Рис. 2. Зависимость изменения изобарного потенциала реакций алюминотермического восстановления окислов титана от температуры процесса (По данным О. Кубашевского и Э. Эванса «Термохимия в металлургии», 1954 г.).

течение 8 часов, имели 25,44% Ti и 5,76% Al при весе 63,0 г; в то время как плавки, выполненные в холодном тигле, содержали не выше 21,2% Ti и 10,34% Al при весе 59,4 г. Таким образом, увеличение времени остывания расплава позволяет не только увеличить осаждение металла из шлака, но и более полно провести реакции алюминотермического восстановления.

Замедленное остывание расплава в промышленных условиях наиболее целесообразно производить с помощью электроподогрева жидких

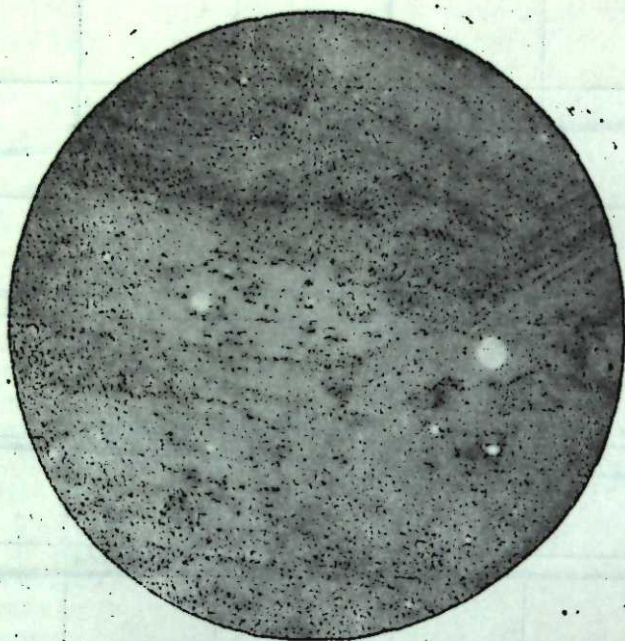


Рис. 3. Шлак выплавки ферротитана на холодной шихте.
($\times 55$).

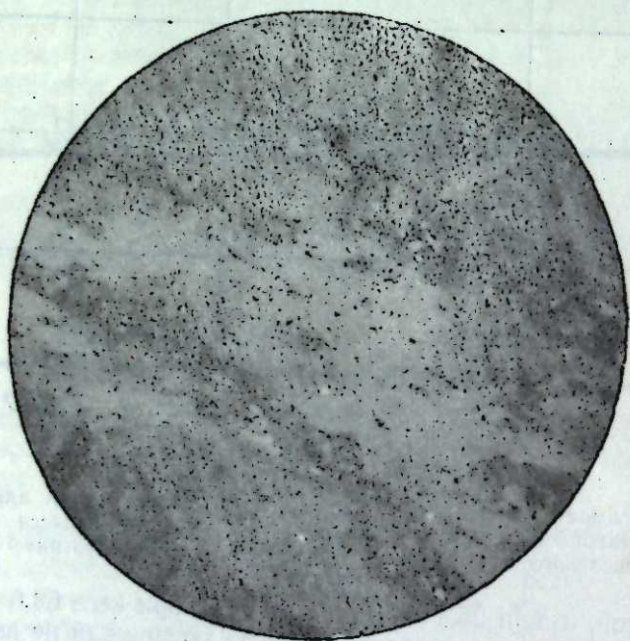


Рис. 4. Шлак выплавки ферротитана на горячей шихте.
($\times 55$).

шлаков после окончания плавки, что позволяет выдерживать расплав при заданной температуре в течение всего времени, необходимого для наиболее полного выхода металла.

Опыты, проводимые на Ключевском заводе ферросплавов с 1955 г., показали возможность значительного улучшения технико-экономических показателей плавки при применении электроподогрева жидких шлаков ферротитана.

Оптимальное значение удельной теплоты процесса выплавки ферротитана определяется не столько условиями протекания металлургических реакций, сколько необходимостью такого перегрева расплава, который обеспечивает длительное пребывание шлака в жидком состоянии и возможно более полное разделение металлической и шлаковой фаз. Поэтому электроподогрев жидкого шлака, как показали проведенные исследования, позволяет полностью отказаться от железной руды, задаваемой в шихту для увеличения удельной теплоты процесса. Ненужными оказываются в этом случае и железотермитные смеси, задаваемые обычно после окончания плавки на поверхность расплава для его разогрева. Все это в значительной степени сокращает расход алюминия и снижает себестоимость сплава. Ниже приводится состав металла, извлечение титана и расход алюминия (в переводе на 1 т 20% ферротитана) на серии полупромышленных плавов, выплавленных в 1956 г. с применением электроподогрева жидкого шлака (табл. 1).

Таблица 1

№ плавки	Состав металла, %			Извлечение титана, %	Расход алюминия, кг/т
	Ti	Al	C		
54	29,54	7,85	0,054	79,3	425
55	29,81	8,66	0,14	76,2	440
56	28,55	7,32	0,066	76,9	423
57	29,53	8,18	0,066	77,6	414
58	29,87	6,71	0,066	77,0	422

Шихта указанных плавов состояла из 150 кг уральского ильменитового концентрата, 60 кг алюминиевой крупки АЧ2ф, 3 кг ферросилиция марки СИ-75 и 12 кг свежееобожженной извести. Перед плавкой шихта нагревалась до температуры 300°. Выплавка велась с нижним запалом в тигле футерованном магнезитовым кирпичом, с нагревом футеровки до 150°. Электроподогрев жидкого шлака осуществлялся путем погружения электродов трехфазной лабораторной печи в шлак на глубину 100 мм при общей высоте шлака 200 мм. Мощность, снимаемая с трансформатора, составляла около 100 кВа. Как видно из приведенной таблицы, даже при бездуговом разогреве содержание углерода в металле не повышалось (обычное содержание углерода в промышленных плавках 0,10—0,15%).

Среднее извлечение титана на проведенных плавках составляет 77,4% при расходе алюминия 425 кг, в то время как извлечение титана, достигнутое в настоящее время при промышленной выплавке, составляет 73% при расходе алюминия 480 кг на 1 т сплава. Улучшение экономических показателей выплавки полностью окупает стоимость электроэнергии, необходимой для подогрева шлаков. Если учесть дополнительный расход электроэнергии, составлявшей на полупромышленных плавках в среднем 1650 кВт-ч/т металла, то суммарная экономия, получаемая от электроподогрева шлаков, превышает 300 руб. на каждую тонну сплава.

Выводы

1. При внепечной алюминотермической выплавке ферротитана вследствие малой разности удельных весов металла и шлака, вязкости шлака, больших скоростей протекания процесса и застывания расплава реакция восстановления протекает неполно и, кроме того, до 15% металла остается в шлаке в виде корольков.

2. Предварительный нагрев шихты ферротитана позволяет увеличить выход металла на 7—8% за счет более полного осаждения корольков. Чем больше навеска шихт, тем меньше температура необходимого нагрева.

3. Переход на выплавку ферротитана с электроподогревом жидких шлаков после окончания плавки позволяет полностью отказаться от применения термитных добавок, получить более полное восстановление окислов титана и осаждение металла из шлака, что сокращает себестоимость сплава не менее, чем на 300 руб. на тонну сплава.

Уральский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
20/VI 1957

Е. И. МАСЛОВА, И. С. ЛИЛЕЕВ

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МЕЖДУ Li_2O , Al_2O_3 , SiO_2 И CaO
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ СПЕКАНИЯ

Сообщение 1-е

Образование алюмината лития при спекании карбоната
лития и окиси алюминия

В ряде отраслей промышленности (керамической, стекольной и др.) применение различных литиевых соединений в последнее время значительно увеличилось. Поэтому явилась необходимость иметь об их свойствах более полное представление.

Одним из таких соединений является алюминат лития. Его получением занимались Егер и Симек [1], Креггер и Фингас [2], Хатч [3], Кордес [4]. Синтез алюмината лития осуществлялся большей частью путем спекания карбоната лития с окисью алюминия. По данным этих авторов [1—4] известны алюминаты двух составов: $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Li}_2\text{O} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3$. Для моноалюмината лития определены оптические константы, а именно: по Егеру и Симек $N_g = 1,615$ и $N_p = 1,604$ и по Хатчу $W = 1,624$, $C = 1,606$.

Имеются также указания, что температура плавления его около 1700° . Других данных о свойствах алюмината лития не найдено.

Так как по кинетике получения алюмината лития нет сведений, нами проведено изучение его образования из карбоната лития и окиси алюминия в интервале температур $700\text{—}1200^\circ$, результаты которого приводятся ниже.

Исходными материалами при проведении исследований являлись карбонат лития марки х. ч. и окись алюминия. Перед употреблением Al_2O_3 подвергалась прокаливанию при температуре 1200° в течение часа. Содержание примесей в ней: SiO_2 — следы; Fe_2O_3 — 0,25%, CaO — следы; Na_2O — 0,09%.

Изучение взаимодействия карбоната лития с окисью алюминия велось термическим, химическим и частично микроскопическим методами. Термические исследования проведены на приборе Курнакова [5], микроскопические — на поляризационном микроскопе иммерсионным методом [6] и химические — путем применения избирательного растворения спеков в соляной кислоте.

Для проведения такого растворения были подобраны и приняты следующие условия: 0,5 N раствора соляной кислоты 50 см^3 , температура обработки 80°C , продолжительность обработки 50 минут. В данных условиях растворение алюмината лития происходило полностью, тогда как окись алюминия, прокаленная при температуре около 1200° в течение часа, переходила в раствор в количестве 0,6—0,7%.

Термические исследования реакции $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ При их проведении вначале были подвергнуты нагреванию исходные вещества. При этом для окиси алюминия получена термограмма, не имеющая эффектов. При нагревании карбоната лития на кривых нагревания

имеется один эндотермический эффект, максимальное значение которого соответствует температуре $723^\circ \pm 3$. При этой же температуре на дифференциальной кривой охлаждения получен экзотермический эффект, на основании чего можно считать, что эффект на кривой нагревания соответствует температуре плавления карбоната лития.

Для температуры плавления карбоната лития имеются следующие значения: по данным Карнелли — 695° , Рамзая — 618° , Таммана — 735° , Амадори — 732° [7], Родэ — 723 [8].

Таким образом, в последнем случае температура плавления карбоната лития близка к той, которая получена нами. Родэ, определив температуру плавления, установил также, что при температуре 728° происходит и наиболее интенсивная диссоциация карбоната лития, которая также имеет отражение на полученной им термограмме.

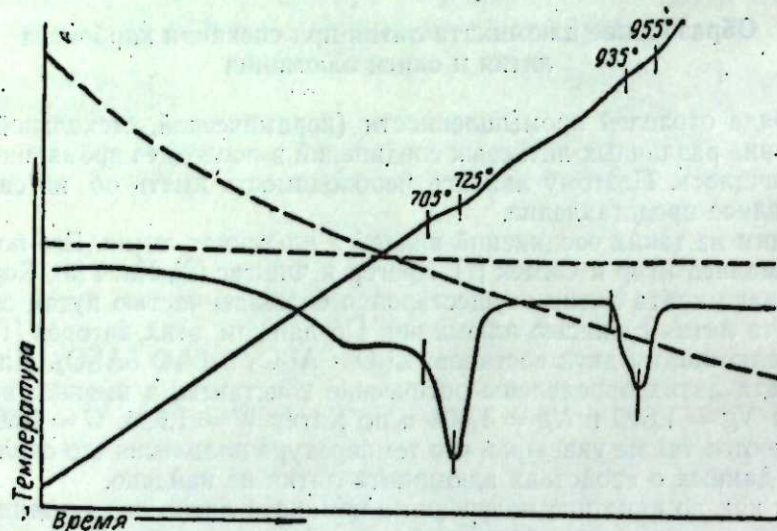


Рис. 1. Термограмма смеси $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (с отношением 1:1).

По нашим данным, диссоциация карбоната лития также отражается на дифференциальной кривой нагревания, что видно по изменению угла наклона, образуемого этой кривой. Начало ее, как это видно из термограммы, соответствует температуре около 600° . Возможно, что интенсивное разложение карбоната также происходит при температуре плавления, вследствие чего эффекты плавления и разложения могут совпадать.

Термическое исследование взаимодействия между карбонатом лития и окисью алюминия проведено со смесью, в которой молярное отношение $\text{Li}_2\text{CO}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1 : 1$ (рис. 1). Как видно из рисунка, дифференциальная кривая нагревания имеет два хорошо выраженных эндотермических эффекта, соответствующих температурам 725° и 955° . На дифференциальных кривых охлаждения эффекты отсутствуют.

На основании полученных нами данных по термическому исследованию карбоната лития первый эффект, соответствующий температуре 725° , следует отнести за счет плавления карбоната лития и, возможно, частично за счет его диссоциации.

Второй эффект может быть отнесен за счет взаимодействия исходных веществ. При этом необходимо отметить, что эффект, соответствующий температуре 955° , получается только для смеси, в которую входит окись алюминия, подвергавшаяся предварительному прокаливанию в течение

часа при температуре 1200° . С более активной окисью алюминия аналогичная смесь дает соответствующий эффект при более низких температурах. Так, в случае применения Al_2O_3 , подвергавшейся прокаливанию при 800° , второй эффект получен при температуре 910° .

Таким образом, температура, соответствующая наиболее интенсивному взаимодействию карбоната лития с окисью алюминия, находится в зависимости от активности последней.

Микроскопические исследования продуктов реакции между карбонатом лития и окисью алюминия проведены на образцах, полученных при термическом анализе. Исследованиями установлено, что основная масса этих образцов состоит из кристаллов, имеющих форму шестигранников со сглаженными углами; оптические константы кристаллов следующие: $N_g = 1,620$ и $N_p = 1,604$. Аллюминат лития, полученный при более длительном спекании, в отличие от смеси исходных веществ полностью растворяется при нагревании в растворе 0,5 N соляной кислоты.

Химические исследования. Для их проведения из полученных исходных материалов составлялась смесь с молярным отношением $\text{Li}_2\text{CO}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1 : 1$, которая после перемешивания подвергалась спеканию в силитовой печи в количестве 2 г. При небольших температурах спекание проводилось в платиновых тиглях, а при высоких, вследствие коррозии платины, оно осуществлялось в тонкостенных корундовых тиглях. Последние помещались в печь на подставку, рядом со спаем Pt — Pt/Rh термодпары.

По истечении заданного времени спекания тигли вынимали, охлаждали в эксикаторе и взвешивали. Таким образом, по убыли в весе каждый раз определялось количество выделившейся углекислоты при спекании, учитываемой в дальнейшем при расчетах.

Полученный спек после измельчения поступал на обработку соляной кислотой. Обработка велась при механическом перемешивании в стаканах, помещенных на водяную баню.

Наблюдения за степенью взаимодействия производились по количеству окиси алюминия, растворившейся в 0,5 N растворе соляной кислоты. Для этого по окончании обработки раствор отфильтровывался и в фильтрате определялось количество окиси алюминия, перешедшей в раствор. Окончательные данные были выведены из 3—4 параллельных определений.

а) Определение скорости реакции образования аллюмината лития производилось путем нагревания смеси исходных веществ (с молярным отношением $\text{Li}_2\text{CO}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1 : 1$) в течение различных отрезков времени при температурах от 600 до 1200° . Полученные спекы поступали на исследование. Результаты исследований помещены в табл. 1—2 и рис. 2—3, где Δx — прирост растворимой окиси алюминия (в %); $F \times 10^{-n}$ — значение функции в уравнении Яндера (см. ниже пункт б).

Как видно из табл. 2 и рис. 2, при температурах около 900° наблюдается интенсивное взаимодействие между карбонатом лития и окисью алюминия. С повышением температуры скорость реакции увеличивается и при 1100° в течение часа успевает прореагировать почти все количество исходных веществ.

На рис. 3 эти же данные представлены в координатах «скорость — время» для нескольких температур. Из рисунка видно, что в начале взаимодействия между карбонатом лития и окисью алюминия происходит быстрое нарастание скорости, но затем, по истечении получаса, она уменьшается и в дальнейшем остается сравнительно небольшой.

Значительное уменьшение скорости может быть объяснено, главным образом, образованием на поверхности реакционных частиц прослойки

Таблица 1

Результаты взаимодействия между Li_2CO_3 и Al_2O_3 при 600, 700 и 750°

Т°С	Продолжительность нагрева	Навеска g	Количество выделившейся CO_2 при спекании	Количество Al_2O_3 , перешедшей в раствор из 0,2 g спека		Δx	$F \times 10^{-n}$	Примечания	
				вес g	%				
$F \times 10^{-4}$									
600	15 м.	2	0,0250	0,0080	6,82	6,82	5,433		
	30 "		0,0392	0,0097	8,26	1,44	8,0384		
	45 "		0,0507	0,0118	9,66	1,40	11,100		
	1 ч.		0,0732	0,0132	11,02	1,36	14,577		
	1 ч. 30 м.		0,1032	0,0150	12,29	1,27	18,324		
	2 " 00 "		0,1104	0,0167	13,67	1,33	22,718		
	2 " 30 "		0,1354	0,0185	14,91	1,29	27,432		
3 " 00 "		0,1674	0,0205	16,23	1,32	32,914			
$F \times 10^{-3}$									
700	15 м.	2	0,1475	0,0150	11,98	11,98	17,33	1,733	
	30 "		0,3008	0,0242	17,77	5,79	39,87	3,987	
	45 "		0,3700	0,0332	23,38	5,61	72,15	7,215	
$F \times 10^{-2}$									
750	1 ч. 00 м.		0,4393	0,0418	28,10	4,72	1,1028	11,028	
	1 ч. 15 м.		0,4611	0,0490	32,55	4,45	1,5139	15,139	
	1 " 30 "		0,4732	0,0576	37,08	4,38	2,0467	20,467	
	1 " 45 "		0,4770	0,0633	41,61	4,53	2,6959	26,959	
	2 " 00 "		0,4795	0,0705	46,33	4,72	3,5104	35,104	
	2 " 30 "		0,4790	0,0770	50,53	4,20	4,3731	43,731	
	3 " 00 "		0,4831	0,0825	54,01	3,48	5,2289	52,289	
	$F \times 10^{-2}$								
	750	15 м.	2	0,4409	0,0525	35,35	35,35	1,832	
		30 "		0,4841	0,0925	57,63	22,28	6,196	
45 "			0,4932	0,1120	73,37	15,74	12,711		
1 ч. 00 м.			0,4960	0,1112	75,29	1,92	13,876		
1 " 15 "			0,4975	0,1190	77,23	1,94	15,163		
1 " 30 "			0,4999	0,1220	79,05	1,82	16,489		
1 " 45 "			0,5018	0,1250	80,83	1,78	17,929		
2 " 00 "			0,5030	0,1270	81,71	0,88	18,702		
2 " 15 "			0,5035	0,1278	82,58	0,87	19,499		
2 " 30 "			0,5046	0,1290	83,17	0,59	20,06		

алюмината лития, вследствие чего все большую роль начинают играть диффузионные процессы, которые, как известно, протекают весьма медленно.

Полученные кривые дают также представление о влиянии температуры на скорость взаимодействия исходных веществ. Достаточно указать на имеющиеся данные, полученные при температурах 700° и 750°, для которых максимальный переход окиси алюминия в раствор достигает в течение первых 15 минут соответственно 12% и 35%, т. е. в данном случае увеличение температуры на 50° обуславливает увеличение выхода алюмината лития почти в три раза.

В дополнение к полученным данным о взаимодействии карбоната лития с окисью алюминия было проведено исследование образования

Таблица 2

Результаты взаимодействия между Li_2CO_3 и Al_2O_3 при более высоких температурах

Продолжительность спекания (ч., м.)	Навеска g	Температура спекания, °С	Количество CO_2 , выделившегося из 2 g смеси	Перешло в раствор Al_2O_3 из 0,2 g спека (вес g)	%	Температура спекания, °С	Количество CO_2 , выделившегося из 2 g смеси	Перешло в раствор Al_2O_3 из 0,2 g спека (вес g)	%
15 м.	2	800	0,4953	0,1240	80,6	800	0,4920	0,1475	95,0
30 м.		800	0,5004	0,1320	84,9	800	0,5006	0,1522	98,3
1 ч.		800	0,5014	0,1355	87,3	800	0,5015	0,1538	99,2
2 ч.		800	0,5017	0,1365	87,7	800	0,5021	0,1551	99,5
3 ч.		800	0,5017	0,1365	87,7	800	0,5020	0,1546	99,8
$F \times 10^{-2}$									
1200	0,5008	0,5008	1100	0,5003	96,4	1100	0,5003	97,4	99,4
	0,5015	0,5015	1200	0,5011	97,4	1200	0,5011	97,8	99,5
	0,5017	0,5017	1200	0,5019	99,2	1200	0,5019	99,5	99,8
$F \times 10^{-3}$									
0,5023	0,5023	1200	0,5020	0,5020	99,5	1200	0,5020	99,8	99,8

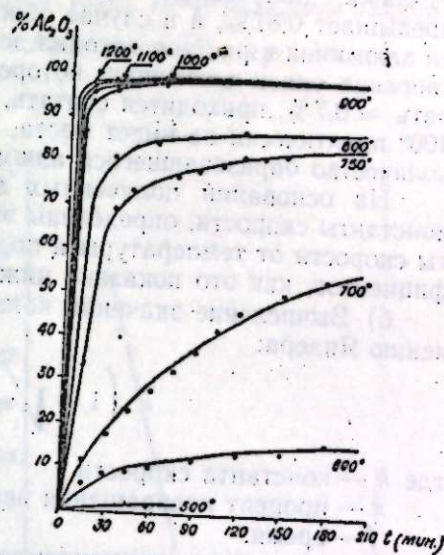


Рис. 2. Скорость образования алюмината лития в зависимости от температуры.

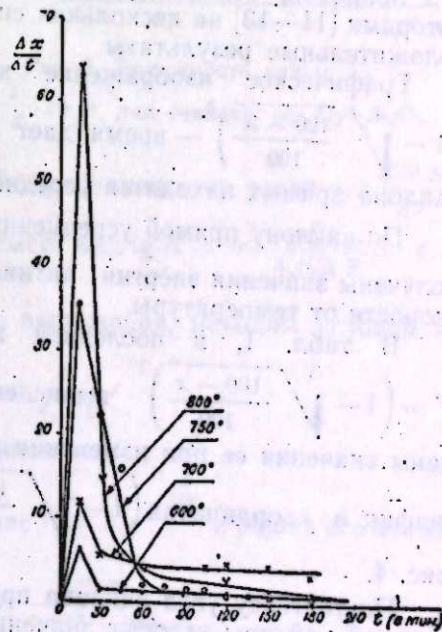


Рис. 3. Изменения скорости образования алюмината лития в зависимости от температуры.

алюмината лития при 400 и 500°. Смесь при этих температурах подвергалась обжигу в течение часа. В результате исследований установлено, что из спека, полученного при 400°, переход окиси алюминия в раствор превышает 0,87%, а в случае обжига при температуре 500° переход окиси алюминия в раствор доходил до 2%. Внося поправку на некоторое образование окиси алюминия, которое в принятых условиях может составлять $\approx 0,7\%$, приходится считать, что взаимодействие в течение часа при 400° практически не имеет места, а при 500° идет очень незначительно, количество образовавшегося алюмината лития составляет около 1%.

На основании полученных экспериментальных данных вычислены константы скорости, определены энергия активации, зависимость константы скорости от температуры и подсчитаны значения температурных коэффициентов, как это показано ниже.

б) Вычисление значений констант скоростей производилось по уравнению Яндера:

$$\left(1 - \sqrt[3]{\frac{100-x}{100}}\right)^2 = kt,$$

где k — константа скорости,
 x — процент превращения вещества,
 t — время.

Это уравнение, применяемое для твердофазных процессов, во многих случаях достаточно хорошо отражает кинетику процесса, где его протекание определяется, главным образом, скоростью внутрикристаллической диффузии, как наиболее медленной. Правда, в ряде работ [9, 10, 15] указывается на необходимость введения к уравнению Яндера некоторых поправок. Однако применимость его была проверена отдельными авторами [11–13] на нескольких системах, и во многих случаях получены положительные результаты.

Графическое изображение констант — скоростей в координатах $\left(1 - \sqrt[3]{\frac{100-x}{100}}\right)^2$ — время дает прямолинейную зависимость. По угловому наклону прямых находятся усредненные значения констант скоростей.

По наклону прямой усредненных значений K в координатах $\lg K$ — получены значения энергии активации, а затем зависимости константы скорости от температуры.

В табл. 1, в последней графе приведены значения функции $F = \left(1 - \sqrt[3]{\frac{100-x}{100}}\right)^2$ вычисленные по таблице Поля и Тейлора [12], и даны значения ее при изменении от 1 до 100. По этим данным постро-

график в координатах $\left(1 - \sqrt[3]{\frac{100-x}{100}}\right)^2$ — время, представленный рис. 4.

По тангенсу угла наклона прямых к оси абсцисс из нескольких определений найдены угловые значения констант скоростей.

Средние значения констант скоростей для изучаемых температур следующие:

$$K_{600} = 0,1667 \cdot 10^{-4}$$

$$K_{700} = 0,344 \cdot 10^{-3}$$

$$K_{750} = 0,777 \cdot 10^{-3}$$

По этим значениям построен график в координатах $\lg K - \frac{1}{T}$ (рис. 5).

Расположение точек на прямой указывает на применимость для данного процесса уравнения Яндера и соответствует температурной зависимости константы скорости по уравнению Аррениуса $K = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}$

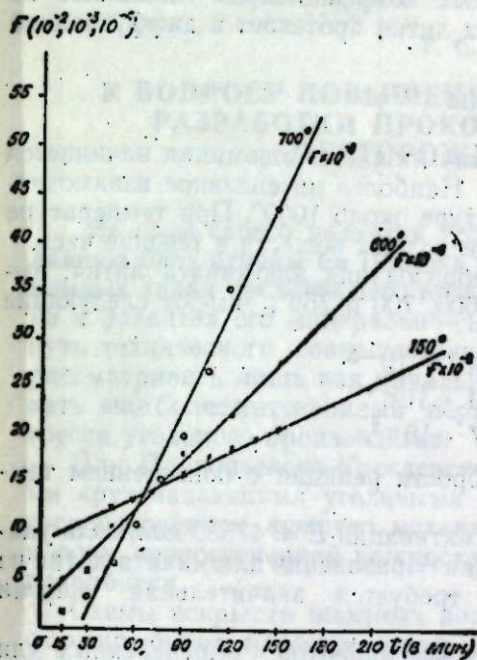


Рис. 4. Зависимость $1 - \left(\sqrt[3]{\frac{100-x}{100}}\right)^2$ — время для реакции $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$.

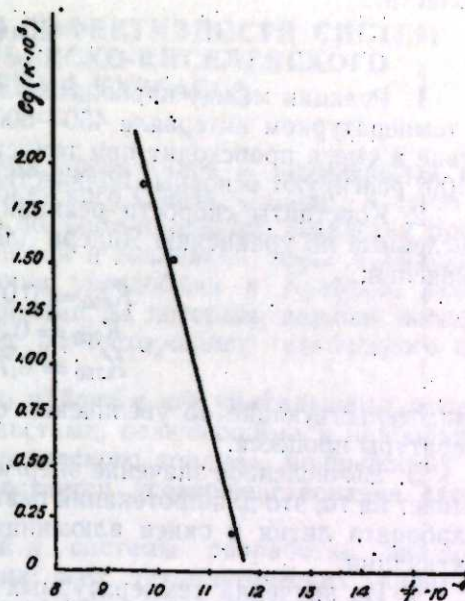


Рис. 5. Зависимость между $\lg K$ и $\frac{1}{T} \cdot 10^{-3}$ для реакции $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$.

в) Значение энергии активации E определялось из равенства $\frac{d \ln K}{dT} = -\frac{E}{RT^2}$, которое после интегрирования имеет вид $\lg K = -\frac{E}{4,575 T} + c$, где c — постоянная интегрирования.

Нанося на график значения этого выражения, находим угловой коэффициент.

$$\text{Для } 700^\circ \quad \frac{1,3}{1,25 \cdot 10^{-4}} = \frac{E}{4,575}$$

которому соответствует $E = 47580$ кал/моль.

Подставляя значение E в уравнение $K = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}$ и решая его относительно k_0 , находим

$$\lg k_0 = 4,5366 + \frac{47580}{4,575 \cdot 973}$$

$$k_0 = 1,767 \cdot 10^{-7}$$

Тогда общее уравнение константы скорости имеет вид:

$$K = 1,767 \cdot 10^{-7} e^{-\frac{47580}{RT}}$$

Полученные значения констант скоростей позволяют определить температурные коэффициенты $\frac{K_{t+10}}{K_t}$, которые оказались равными

$$\frac{K_{600+10}}{K_{600}} = 1,35 \text{ и } \frac{K_{700+10}}{K_{700}} = 1,18.$$

Найденные значения температурных коэффициентов указывают на то, что процесс образования алюмината лития протекает в диффузионной области.

Выводы

1. Реакция между карбонатом лития и окисью алюминия начинается в температурном интервале 450—500°. Наиболее интенсивное взаимодействие в смеси происходит при температуре около 1000°. При температурах 1100° реагируют основные количества исходных веществ в течение часа.

2. Константы скорости реакции образования алюмината лития, вычисленные по уравнению Яндера для 600, 700 и 750°, имеют следующие значения:

$$K_{600} = 0,01667 \cdot 10^{-3}$$

$$K_{700} = 0,344 \cdot 10^{-3}$$

$$K_{750} = 0,777 \cdot 10^{-3}$$

свидетельствующие об увеличении скорости реакции с повышением температуры процесса.

3. Вычисленное значение энергии активации $E = 47580$ кал/моль указывает на то, что для протекания реакции образования алюмината лития из карбоната лития и окиси алюминия требуется значительная энергия активации.

4. Из значений температурных коэффициентов, определенных для 600 и 700°, а именно

$$\frac{K_{600+10}}{K_{600}} = 1,35 \text{ и } \frac{K_{700+10}}{K_{700}} = 1,18$$

следует, что процесс образования алюмината лития при указанных температурах протекает в диффузионной области.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
4/X 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. F. M. Jaeger and A. Simek, Proceedings of the Section of Sciences, 20 XVII, 1915.
2. C. Kroger und E. Fingas, Zeitsch. für anorg. und allgem. Chemie, 3, 289, 1935.
3. R. A. Hatch, The American Mineralogist, 28, 9 and 10, 1943.
4. E. Kordes, Zeitsch. für Kristallog, 91, 2, 1935.
5. В. А. Аносов и С. А. Погодин, Основные начала физико-химического анализа, Изд. АН СССР, 1947.
6. В. Н. Лодочников, Основы кристаллооптики, Госгеолгиздат, 1947.
7. Gmelin, Handbuch der anorg. Chemie, 224, 1927.
8. П. В. Родэ, ДАН, т. ХСІ, 2, 1953.
9. В. Д. Журавлев, И. Г. Лесохин и Р. Г. Темпельман, ЖПХ, т. XXI, 1952.
10. П. П. Будников и А. С. Бережной, Реакции в твердых фазах, Промстгиздат, 1949.
11. П. С. Мамыкин, С. Г. Златкин, ЖФХ, т. IX, вып. 3, 393, 1937.
12. R. Pohl and N. Taylor, Journ. of the Amer. Society, 325, 1935.
13. А. И. Августинский и О. П. Мчедалов-Петросян, ЖПХ, т. X, вып. 11, 1947.
14. М. Е. Позин и А. М. Гинстлинг, ЖПХ, т. XXIV, вып. 1, 1951.
15. А. М. Гинстлинг, ЖПХ, т. XXV, вып. 3, 1952; т. XXV, вып. 5, 1952, т. XXV, вып. 7, 1952 и др.

Г. С. ДЕВЯТОВ

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПРОКОПЬЕВСКО-КИСЕЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЗБАССА

За годы своего развития Кузбасс превратился в крупнейшую топливную базу страны на Востоке Советского Союза. Однако в свете огромных задач предстоящего нового подъема народного хозяйства Востока и развития его минерально-сырьевой и топливной базы пройденный путь технического совершенствования угледобычи в Кузбассе можно рассматривать лишь как начальный этап, за которым должен последовать еще более интенсивный период разностороннего технического прогресса угольного производства.

Для Прокопьевско-Киселевского района с его уникальными мощными крутопадающими угольными пластами, отличающимися наибольшим сосредоточением лучшего металлургического топлива, по-прежнему вопросом первостепенной важности остается усовершенствование систем разработки.

Схемы вскрытия шахтных полей и системы разработки являются формирующим началом построения всех технологических процессов добычи полезного ископаемого, так как они определяют расположение и размеры подготовительных выработок и очистных забоев, направление движения по ним потоков добываемого угля или руды, а также потоков крепежного леса, металла, закладочных и других необходимых для добычи материалов и воздуха для вентиляции. В тесной связи с этими процессами, зависящими от системы разработки, находится расстановка технических средств и обслуживающего персонала на эксплуатационных участках. Таким образом, система разработки определяет характер взаимодействия многих материально-технических элементов шахтного производства, обуславливает возможность использования тех или иных технологических методов добычи ископаемого, а также расстановку кадров и организацию их труда в забое.

К системе разработки угольных пластов, как и других полезных ископаемых, предъявляются три основных требования: она должна быть безопасной, эффективной по производительности труда и объему добычи и обеспечивающей возможно меньшие потери угля, руды и т. п. в недрах месторождения.

Прокопьевско-Киселевский район выделяется среди других месторождений Кузбасса рядом специфических условий геологии, тектоники и вещественного состава своих угленосных залежей. Угольные запасы этого района сосредоточены большей частью в мощных, зачастую сильно сближенных крутопадающих пластах, имеющих много тектонических нарушений и представленных в значительной мере каменными углями, склонными к самовозгоранию и опасными по пыли и газу. Эти особенности Прокопьевско-Киселевского месторождения потребовали с самого начала его широкой промышленной эксплуатации применить, наряду с наиболее широко известными в горном деле, также и такие системы раз-

работки, которые значительно реже применяются в других бассейнах страны. Так, если в Донбассе в течение многих лет добыча угля производится в основном системами длинных столбов с обрушением и сплошной, то практике южного Кузбасса наряду с этими системами известны различные варианты систем наклонных, горизонтальных, поперечно-наклонных, диагональных слоев, камерной и щитовой выемки и т. п. методов, значительная часть которых предусматривает работу не только с обрушением вмещающих пород, но и с закладкой выработанного пространства. При этом их технико-экономическая эффективность в отношении производительности забоев и производительности труда рабочих испытывает в этом районе наибольшие колебания.

Наиболее высокую производительность забоев в настоящее время обеспечивает щитовая система разработки. В 1955 г. производительность щитовых забоев по Прокопьевско-Киселевскому району составила 7450 т в месяц, в то время как по другим системам, не считая мало используемой камерной и экспериментальных систем, производительность очистных забоев колебалась в пределах 2800—1600 т в месяц, т. е. была в 2,7—4,7 раза меньше, чем при щитовой системе. Наиболее низкую производительность (1600—2000 т в месяц) имеют забои всех слоевых систем с закладкой выработанного пространства, а также системы горизонтальных слоев с обрушением. Динамика производительности очистных забоев по системам, распространенным в Прокопьевско-Киселевском районе, характеризуется данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Производительность очистных забоев по системам разработки в Прокопьевско-Киселевском районе

Наименование систем разработки	Производительность забоя (т в месяц)				
	1940	1945	1950	1955	1955 в % к 1940
Щитовая с обрушением	3920	6250	6050	7270	185,0
» с закладкой*	—	—	7340	8790	—
Длинные столбы с обрушением	2890	2410	2390	2470	85,5
Длинные столбы с закладкой	—	—	1950	2200	—
Наклонные слои с обрушением	2300	3480	2270	2810	122,0
Наклонные слои с закладкой	1100	1310	1620	1890	172,0
Горизонтальные слои с обрушением	1940	1870	2040	1980	102,0
Горизонтальные слои с закладкой	—	—	820	1900	—
Поперечно-наклонные слои с закладкой	—	—	1500	1590	—
Камерная с обрушением	6780	6830	—	7750	—

* Здесь и ниже под щитовой системой разработки с закладкой подразумевается применяемый вариант щитовой системы с подачей закладочного материала бульдозерами в провалы с поверхности.

Для выяснения уровня производительности труда рабочих и эксплуатационных затрат при различных системах добычи угля сотрудниками ЗСФАН СССР было проведено обследование 20 шахт, давших 90,5% добычи угля всех шахт Прокопьевско-Киселевского района за 1955 г. На этих шахтах по специальной программе были проанализированы все участки, применявшие какую-либо одну систему разработки, причем были учтены и очистные и подготовительные работы, связанные с работой участка при данной системе. Всего выборками из первичной документации эксплуатационных участков было охвачено свыше тыся-

чи участко-месяцев. При этом наиболее представительные данные получены по системам разработки с обрушением (табл. 2).

Таблица 2

Производительность труда и себестоимость угля на эксплуатационных участках при различных системах разработки по Прокопьевско-Киселевскому району за 1955 г.

Наименование систем разработки	Производительность рабочего по участку на выход (т)	Участковая себестоимость 1 т угля (руб., коп.)
Щитовая	6,9	11—80
Длинные столбы с обрушением	3,35	25—30
Наклонные слои с обрушением	3,15	29—80
Горизонтальные слои с обрушением	2,95	30—80

Как видно из этих данных, из всех распространенных в Прокопьевско-Киселевском районе систем разработки наименьшей трудоемкостью в настоящее время отличается щитовая система. Она обеспечивает в 2,0—2,5 раза более высокую производительность труда участковых рабочих, чем слоевые системы разработки с обрушением.

Еще более уступают щитовой системе слоевые системы с закладкой, так как при введении закладки выработанного пространства в настоящее время производительность труда на многих участках снижается, а себестоимость угля резко возрастает. Так, при применении системы горизонтальных слоев с пневматической закладкой выработанного пространства на участках № 1, 10 и 21 шахты «Коксовая» им. Сталина треста «Сталинуголь» участковая производительность труда с учетом всех шахтных операций по закладке составила в среднем лишь 2,65 т на выход, а участковая себестоимость угля поднялась до 44 руб. 30 коп. По лавам с самотечной закладкой на этой же шахте производительность труда составила 2,95 т на выход, а себестоимость — 36 руб. 60 коп. за тонну (с учетом всех работ и стоимости закладки). По наклонным слоям с гидравлической закладкой по четырем участкам данной шахты (вместе с затратами самостоятельного гидроучастка) производительность труда составила 2,9 т на выход, а себестоимость тонны угля — 37 руб. 80 коп.

За последние годы в Кузбассе значительно сократились потери угля при разработке угольных месторождений. Это снижение в такой же мере распространяется и на Прокопьевско-Киселевское месторождение. Однако в данном районе потери угля по-прежнему остаются наибольшими среди других районов Кузбасса. Особенно большие потери (до 24—27%) дают щитовая система и система наклонных слоев. Характерно, что не только специфические системы, созданные для данного района, но и отдельные системы, примененные на основе опыта разработки других угольных месторождений, оказываются во многих случаях недостаточно приспособленными для работы с низкими эксплуатационными потерями угля. Так, при системе наклонных слоев с обрушением в Прокопьевско-Киселевском районе потери угля в среднем в два раза выше, чем при этой же системе разработки на пологопадающих пластах Ленинского месторождения Кузбасса.

Охарактеризованные различия отдельных систем разработки по основным технико-экономическим показателям эксплуатации оказали ре-

шающее влияние на формирование всей совокупности методов извлечения угля и распределение удельного веса каждой системы на шахтах Прокопьевско-Киселевского района за истекшие годы. Они определили, прежде всего, бурный разворот добычи угля при помощи щитовой системы, предложенной проф. Н. А. Чинакалом, которая постепенно выявила свои решающие преимущества по сравнению с другими системами и заняла ведущее место в разработке мощных крутопадающих пластов этой части Кузнецкого бассейна (табл. 3).

Таблица 3

Участие систем разработки в добыче угля на шахтах Прокопьевско-Киселевского района

Наименование систем разработки	Удельный вес добычи угля по системам (в %)				
	1940	1945	1950	1955	1956
Щитовая с обрушением	8,6	41,3	46,6	47,0	51,7
» с закладкой	—	—	0,9	7,3	6,5
Длинные столбы с обрушением	51,5	28,6	30,7	22,2	20,1
Длинные столбы с закладкой	2,9	—	2,0	2,0	2,2
Наклонные слои с обрушением	2,6	8,5	4,1	5,3	5,5
Наклонные слои с закладкой	14,0	0,6	2,9	3,5	2,6
Горизонтальные слои с обрушением	10,1	2,3	5,1	4,3	2,3
Горизонтальные слои с закладкой	0,1	—	1,3	1,3	0,8
Поперечно-наклонные слои с обрушением	—	—	1,1	—	—
Поперечно-наклонные слои с закладкой	—	—	0,5	1,1	0,4
Камерная	2,5	13,3	—	0,7	5,3
Погашение целиков	6,4	4,9	3,2	4,9	1,3
Прочие	1,3	0,5	1,6	0,4	1,3
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
В том числе:					
с обрушением	81,9	99,4	92,4	84,8	87,5
с закладкой	18,1	0,6	7,6	15,2	12,5

В 1955 г. на шахтах Прокопьевско-Киселевского района было добыто угля в 2,3 раза больше, чем в 1940 г. Свыше 80% этого прироста получено на основе применения щитовой выемки.

Щитовая система разработки обеспечивает наиболее высокую производительность добычных участков при значительно большей производительности труда рабочих и намного меньших участковых издержках производства, чем при других распространенных системах разработки. Поэтому с уровнем ее развития тесно связаны показатели производительности труда по шахтам и трестам в целом (табл. 4).

Системы разработки с закладкой выработанного пространства при существующей технологии производства закладочных работ, отличающейся большой трудоемкостью, понижают технико-экономические результаты угледобычи на многих участках. Так, на шахте «Коксовая» им. Сталина треста «Сталинуголь» в 1955 г. при удельном весе слоевых систем и лав с закладкой выработанного пространства 55,4%, а щитовой системы лишь 33,5% месячная производительность рабочего по эксплуатации составила 36,1 т, а себестоимость угля поднялась до 78 руб. 83 коп. за тонну.

Со значительным развитием слоевых систем и лав с закладкой выработанного пространства связаны в известной мере и относительно низкие технико-экономические показатели (производительность труда, себестоимость угля) по тресту «Сталинуголь» в целом.

Таблица 4

Производительность труда и себестоимость угля по угольным трестам Прокопьевско-Киселевского района (без разрезов) и отдельным шахтам с высоким удельным весом щитовой системы разработки за 1955 г.

Наименование трестов и шахт	Удельный вес добычи (в %)			Производительность труда рабочего по эксплуатации (т. мес.)	Производственная себестоимость т угля (руб. коп.)
	щитовой системы	слоевыми системами и лавами с закладкой	прочими системами (обрушение)		
<i>Тресты:</i>					
«Сталинуголь»	37,1	24,8	38,1	39,8	68—74
«Прокопьевскуголь»	58,2	0,4	41,4	47,2	53—07
«Киселевскуголь»	65,2	0,3	34,5	57,7	45—45
<i>Шахты:</i>					
Тайбинская треста «Киселевскуголь»	79,4	1,1	19,5	52,4	50—56
«Дальние горы» треста «Киселевскуголь»	83,1	—	16,9	59,6	44—47
«Суртаиха» треста «Киселевскуголь»	90,0	—	10,0	72,1	40—54
Шахта № 3 треста «Киселевскуголь»	91,2	1,3	7,5	75,2	34—99

Дальнейшее увеличение добычи угля и повышение производительности труда на шахтах Кузбасса невозможны без широкого применения разнообразных технических средств и прогрессивных технологических методов на очистных, подготовительных и других шахтных работах. Решение этой сложной задачи должно основываться на всестороннем учете результатов научных разработок и данных практики об отдельных сторонах и всей взаимосвязи процессов, обусловленных наличием и созданием различных систем разработки и тесно связанных с ними очистных, проходческих и т. п. горных машин и новых методов добычи.

Очевидно, что предпочтение и в дальнейшем должно быть отдано тем приемам выемки угля, которые обеспечивают наибольшую производительность труда при максимальной его безопасности. С этой точки зрения для современных условий Кузбасса прогрессивными, экономически целесообразными являются такие сдвиги во всей совокупности методов эксплуатации, которые ведут к увеличению удельного веса добычи угля из пластов Прокопьевско-Киселевского района с затратой труда не выше, чем при щитовой системе разработки.

Одним из наиболее подготовленных мероприятий в этом направлении следует считать повышение участия в угледобыче рассматриваемого района самой щитовой системы разработки, как наиболее производительной и обеспеченной новыми эффективными конструктивными решениями, или систем, создаваемых на ее основе.

Вместе с тем, нужно подчеркнуть, что было бы неправильно сосредоточить внимание только на задаче повышения удельного веса этой системы и отодвинуть на второй план поиски других рациональных технических направлений разработки мощных пластов Кузбасса.

Давно известно, что горно-геологические условия Прокопьевско-Киселевского месторождения не позволяют рассчитывать на создание единой универсальной системы разработки, которую можно было бы

с равным успехом применить во всех случаях работы на действующих горизонтах и тем более при переходе на большую глубину.

Щитовая система в настоящее время стала ведущей системой разработки на шахтах этой части Кузбасса. Соотношение достигнутых успехов и намечающиеся сдвиги в эффективности различных методов выемки мощных пластов нацеливают угольщиков Прокопьевско-Киселевского района на повышение участия этой системы в горных работах в ближайшем будущем за счет сокращения менее производительных систем. Но в условиях этого своеобразного месторождения по-прежнему будет необходим комплекс взаимно дополняющих друг друга методов выемки, обеспечивающих достаточно полное извлечение запасов угля из всех промышленных пластов, отведенных каждой шахте, с возможно меньшими совокупными производственными затратами.

Очень важно, чтобы новые технические решения в области систем разработки полнее использовали положительные стороны крутого залегания пластов, обеспечивали возможно большую равномерность и ритмичность выемки угля за счет устранения остановок на посадку и совершенствования методов управления кровлей. Особое внимание при этом должно быть обращено на проблему расширения области применения различных видов передвижного крепления на основе всестороннего теоретического и экспериментального исследования закономерностей горного давления и использования новейших достижений в производстве конструкционных материалов и методах горного машиностроения.

Необходимость управления кровлей является коренной особенностью подземных методов угледобычи по сравнению с открытыми разработками. Она оказывает первостепенное влияние на построение систем разработки угольных пластов и характер применяемой при этом техники. Хронометражные наблюдения на шахтах Прокопьевска и Киселевска показывают, что при всех системах разработки со стоечной крепью на операции крепления и управления кровлей затрачивается более половины рабочего времени забойщиков. Следовательно, в этой области технологического процесса в очистных забоях находится один из крупных резервов сокращения затрат труда при угледобыче. Об этом свидетельствует не только собственный опыт Кузбасса, но и зарубежная практика. Высокий уровень производительности труда в американской угольной промышленности определяется, в частности, тем, что на шахтах США широко практикуется наименее трудоемкий способ управления кровлей путем оставления целиков угля вместо возведения крепи. Для этого на шахтах США используются различные варианты камерной системы разработки.

Эта система в довоенные годы получила довольно значительное распространение и на шахтах южного Кузбасса. Но она давала высокие потери угля, приводившие к пожарам, особенно в неблагоприятных горно-геологических условиях, в которых ее зачастую использовали. По этой причине массовое применение камерной системы и было запрещено. Создание щитовой системы разработки позволило устранить серьезный пробел в общем арсенале наиболее производительных методов выемки угля из мощных крутопадающих пластов, образовавшийся после запрещения камер. Как уже было отмечено, у щитовой системы сейчас имеются и должны быть использованы значительные возможности дальнейшего распространения на основе применения новейших конструкций высокопроизводительных и экономичных щитов.

Вместе с тем, наличие, совершенствование и распространение этой наиболее приемлемой на данном этапе для многих участков системы разработки не должно заслонять не менее важной задачи разработки

и практического применения других перспективных направлений улучшения методов выемки угля из мощных пластов Прокопьевско-Киселевского района и, в частности, принципов камерной выемки на новой технической базе или на основе изыскания неизвестных прежде комбинаций уже применявшихся систем.

Одним из возможных вариантов может быть названа комбинированная система разработки, предложенная проф. Т. Ф. Горбачевым, В. Ф. Парусимовым и К. П. Новиковым, которая представляет собой сочетание щитовой и камерной выемки при частичном использовании закладки. Имеются основания рассчитывать, что такое сочетание позволит в значительной мере устранить недостатки, присущие щитовой и камерной системам в отдельности и выгодно использовать при новом комбинированном способе их положительные стороны.

Щитовая система разработки обеспечивает высокую производительность труда забойщиков и высокую производительность очистного забоя прежде всего потому, что она устраняет операцию крепления из технологического процесса угледобычи. Раз созданное щитовое перекрытие надежно защищает забойщика и не требует дополнительного крепления в течение всего периода отработки щитового столба на всю высоту этажа. Горное давление, являющееся при других распространенных в Кузбассе системах разработки мощных пластов только осложняющим фактором угледобычи, требующим затраты большого труда для предотвращения его опасных проявлений в забое, рационально используется при щитовой системе для естественного передвижения постоянной щитовой крепи и непрерывной безопасной самопосадки боковых пород. Поэтому очистные забои при щитовой системе не имеют специальных остановок на посадку, занимающих при системах со стоечным креплением и обрушением на органичный ряд по нескольку дней в течение месяца. Таким образом, нагрузка забоя возрастает при этой системе как за счет повышения интенсивности использования забоя в течение смены, в результате устранения операции крепления, так и за счет увеличения числа добычных смен в месяц ввиду отсутствия остановок на посадку.

Исходя из изложенного, можно считать целесообразным, чтобы в процессе дальнейшего конструирования и совершенствования систем разработки Прокопьевско-Киселевского района возможно шире использовался принцип устранения операций крепления в составе сменного добычного цикла на основе предварительного возведения постоянной жесткой или эластичной крепи, комбинирования систем разработки и т. п. решений.

Последние годы характерны значительным усилением внимания к этому направлению усовершенствования систем разработки мощных угольных пластов Кузбасса. В частности, кроме отмеченной выше камерно-щитовой системы, испытывается комбинированная система разработки, предложенная КузНИУИ, которая предусматривает разделение мощного пласта на два слоя — верхний, обрабатываемый обычной лавой, и нижний, в котором добыча угля ведется отступающим забоем под гибким перекрытием из стальных полос и металлической сетки. По этой системе угледобыча производилась пока только на трех эксплуатационных участках в разное время, поэтому достаточно полная проверенная технико-экономическая характеристика ее еще не выявлена. Но определенные положительные стороны системы КузНИУИ и прежде всего такие, как возможность повышения производительности забоев в условиях сложной гипсометрии пластов и хороший газовый дренаж, уже вызывают большой интерес производственников к этой системе.

Преобладающее крутое залегание угленосной свиты в Прокопьевско-Киселевском районе обуславливает интенсивное продвижение горных работ на глубокие горизонты. Уже в настоящее время ряд шахт трестов «Сталинуголь» и «Прокопьевскуголь» ведет добычу угля на третьем горизонте на глубине свыше 200 м и начинает разработку четвертого горизонта. Это углубление горных работ сопровождается серьезным изменением горно-технической обстановки на шахтах, вызывающим необходимость соответствующей перестройки методов разработки пластов.

Рост горного давления, газообильности, а также температуры горных пород при переходе на глубокие горизонты, наряду с увеличением расстояния от участков полей до поверхности, является важным естественным и производственным фактором, определяющим ряд новых повышенных требований к системам разработки в отношении их пожарной безопасности и безопасности выполнения технологических операций в очистных забоях.

Для удовлетворения возрастающих требований безопасности очень важно, чтобы система разработки обеспечивала: а) сокращение общих потерь угля в процессе выемки и особенно потерь в виде наиболее опасных концентрированных скоплений раздробленного самовозгорающегося угольного вещества; б) наименьший доступ воздуха к оставляемому после выемки уголю; в) сокращение времени отработки участков и, следовательно, ускорение процесса полного погашения выемочного участка поля и изоляции его от других полей и горизонтов.

Эти требования техники безопасности к системе вытекают из физической сущности тесно связанного с методами выемки процесса самовозгорания угля, так как чем меньше концентрированных потерь угля, чем меньше поступление воздуха к уголю и короче время взаимодействия этих двух основных агентов самовозгорания, тем меньше и возможность возникновения эндогенного подземного пожара. Исследованиями ст. научного сотрудника ЗСФАН СССР Н. В. Маревич установлено, что большое влияние на развитие процесса самовозгорания оказывают петрографические особенности угля. Сейчас практически все более четко обнаруживается известная самостоятельность влияния отдельных факторов процесса самовозгорания (количество и качество угля, воздуха и время их взаимодействия) на возможные последствия оставления угля в выработанном пространстве при эксплуатации. В ряде случаев установлено, что устранение или уменьшение влияния лишь одной причины самовозгорания, например большой длительности отработки участка поля, ведет к созданию безопасной противопожарной обстановки на участке. Данное обстоятельство является весьма существенным для планирования работ по практическому применению предложений, предусматривающих обеспечение необходимой безопасности подземной угледобычи.

Это говорит о том, что к созданию противопожарной обстановки на шахтах района нужно идти не по какому-либо одному, а по нескольким направлениям. Так, возведение межгоризонтных и межучастковых бетонозакладочных полос (предложение В. Ф. Парусимова) позволит, по-видимому, полностью устранить перепуск пород и угля с верхних горизонтов на нижние и тем самым обезопасить шахты от рецидивов возникновения пожаров на верхних горизонтах и проникновения их на нижние, что является одной из наиболее острых проблем борьбы с пожарами при переходе на нижние горизонты в Прокопьевско-Киселевском районе. Такие полосы явятся барьером для ограничения проникновения воздуха в выработанные пространства. В результате может оказаться, что безопасность работы системами разработки с обрушением даже на

большой глубине значительно расширится, что положительно скажется на темпах роста производительности труда.

Большого внимания требуют предложения по сокращению эксплуатационных потерь угля, осуществление которых также может значительно расширить область безопасного применения более производительных систем разработки с обрушением боковых пород. Так, при щитовой системе, по расчетам специалистов, потери угля могут быть снижены на 30—40% и более.

Интенсификация выемки участков угольных полей является одним из первостепенных мероприятий в системе борьбы с опасными проявлениями горного давления, а также в системе противопожарной защиты, так как чем быстрее отработан, изолирован и подвергнут профилактической заилке участок, тем надежнее он в отношении устранения возможности самовозгорания оставленного угля. В связи с этим заслуживает внимания изучение вопросов о наиболее рациональных в различных горно-геологических условиях района размерах участков полей, поскольку это непосредственно связано со сроками отработки и, следовательно, состоянием противопожарной защиты.

Таким образом, наряду с противопожарной профилактикой, имеется ряд путей, использование которых позволяет повысить безопасность более производительных систем с обрушением и тем самым обеспечить их участие в угледобыче района в течение длительного времени. Повышение противопожарной безопасности систем с обрушением и сохранение возможности значительного их применения на ряде шахтопластов в дальнейшем следует рассматривать как один из важных рычагов повышения производительности труда и снижения себестоимости угля в районе.

Широко известное средство борьбы с пожарами — закладка выработанного пространства — при существующей технике и технологии производства закладочных работ и состоянии карьерного хозяйства является весьма дорогим. К тому же необходимо иметь в виду, что из-за медленного подвигания забоев и длительной отработки участков системы с закладкой до сих пор во многих случаях не исключали полностью возможности возникновения пожаров. Так, по данным ГГИ ЗСФАН, относительная пожароопасность систем на 1 млн. т добытого угля за 10 лет, с 1945 по 1954 г., характеризуется следующими показателями (табл. 5).

Таблица 5

Количество возникших пожаров на 1 млн. т добытого угля

Системы разработки	Г о д ы			
	1945—1951	1952	1953	1954
<i>С обрушением</i>				
Длинные столбы по простиранию	0,51	—	0,02	0,28
Щитовая система	1,29	1,60	0,63	0,68
Наклонные слои	1,53	8,50	0,50	—
Горизонтальные слои	5,82	3,84	3,10	—
<i>С закладкой</i>				
Наклонные слои	0,91	2,00	—	5,13
Горизонтальные слои	8,06	14,1	9,9	5,45
Щитовая система	—	—	—	—

Таким образом, системы с закладкой еще весьма слабо удовлетворяют требованиям полного устранения пожаров. При этом только при щитовой системе разработки с простейшей подачей закладочного материала с поверхности при помощи бульдозеров в пределах первого горно-

зонта удается обеспечить низкую себестоимость угля. Другие системы разработки с закладкой дают пока значительно более дорогой уголь, чем системы с обрушением, и к их применению приходится прибегать только в силу совершенной невозможности безопасного производства работ иными способами. Поэтому первым условием дальнейшего распространения закладки, как более действенного метода борьбы с подземными пожарами и горным давлением, является снижение трудоемкости закладочных работ и себестоимости закладки на основе усовершенствования техники, технологии и организации выполнения этих процессов.

Создание и применение совершенных машин и механизмов, основанных на новейших достижениях науки и техники, обеспечивают все более эффективное преодоление и покорение различных сил и условий природы, неуклонное повышение производительности труда в социалистическом народном хозяйстве и систематический рост общественного богатства страны. Технический прогресс, как процесс всестороннего совершенствования средств и методов производства, возмещает неуклонно расширять возможности рационального использования залежей полезных ископаемых в самых разнообразных условиях недр природы. При этом на каждый данный момент времени эти технические возможности не являются одинаковыми для всех встречающихся условий добычи полезного ископаемого и, в частности, добычи угля в различных бассейнах и месторождениях.

Мощные крутопадающие пласты, широко распространенные в рассматриваемом Прокопьевско-Киселевском районе, принадлежат сейчас к числу тех объектов эксплуатации, механизация подземной разработки которых наиболее сильно отстает от среднего уровня механизации технологических процессов в очистных забоях угольной промышленности и тем более от лучших примеров.

В результате отставания механизации угледобычи Прокопьевско-Киселевский район значительно уступает по темпам роста производительности труда, например, Ленинскому району Кузбасса. Так, за годы пятой пятилетки производительность труда рабочих эксплуатации на шахтах Прокопьевско-Киселевского района (без разрезов) возросла всего лишь на 14,8% и достигла 98,5% довоенного уровня, в то время как на шахтах Ленинского района довоенный уровень производительности труда был превзойден на 27,1%.

В 1950 г. в Ленинском районе находилось в работе 13 угольных комбайнов «Донбасс». За годы пятой пятилетки количество комбайнов в работе по этому району было увеличено в три раза, в 1955 г. эксплуатировалось уже 38 комбайнов, в то время как в Прокопьевско-Киселевском районе за эти годы не было освоено и не находилось в работе ни одного комбайна. Таким образом, на ряде пологопадающих пластов Кузбасса удалось довольно быстро и с большим эффектом применить для добычи угля комбайны, хотя они и были первоначально созданы в основном для условий Донбасса, а для мощных крутопадающих пластов, какими богат Прокопьевско-Киселевский район, до сих пор не создано ни одного подходящего образца комбайна.

Между тем, мысль о применении комбайнов в этом районе выдвигалась неоднократно. За последние два-три года со стороны КузНИУИ и Гипроуглемаша уделено внимание механизации забоев системы горизонтальных слоев, а также щитовой выемки при применении гидрофицированных щитов типа КВКП-2. Созданы опытные образцы механизированных крепей для горизонтальных слоев, а также для лав наклонного и крутого падения. Однако в области средств отбойки и навалки, в част-

ности в отношении комбайнов и стругов, в Прокопьевско-Киселевском районе пока нет ни одного испытанного на практике, надежного технического решения. Крайне медленно внедряется на шахтах рассматриваемого района гидравлический способ добычи угля. Совершенно недостаточен и устарел парк погрузочных машин для проведения подготовительных выработок по углю и породе. В зачаточном состоянии находится механизация вспомогательных работ. Все это свидетельствует о серьезном отставании механизации угледобычи на крутопадающих пластах Кузбасса. Поэтому первоочередным вопросом, решение которого направлено на улучшение технико-экономических показателей эксплуатации угольных залежей в районе южного Кузбасса, является резкое усиление механизации очистных и подготовительных работ, для чего необходимо прежде всего обратить внимание на постановку широкого промышленного экспериментирования по механическому и гидравлическому средствам выемки и доставки угля под щитами и в забоях слоевых систем, органически увязывая их с соответствующими наиболее эффективными способами и средствами крепления, а также на испытание и внедрение новейших образцов проходческих комбайнов и т. п. средств скоростной подготовки выемочных угольных полей.

Условия данного района настолько разнообразны, что решение вопросов механизации трудно обеспечить какими-либо универсальными средствами выемки, крепления, закладки и проходки, как невозможно и создание единой высокопроизводительной системы разработки. Угольные машины, созданные для других бассейнов и даже других месторождений Кузбасса, оказываются неподходящими в Прокопьевско-Киселевском районе. Необходим во многом своеобразный комплекс горных машин, тесно увязанных со спецификой систем разработки этой части Кузбасса, и на его создание нельзя жалеть сил и средств.

Широкая механизация добычи в сочетании с применением наиболее совершенных систем разработки обеспечит такую экономию труда на очистных и подготовительных работах, которая во много раз перекроет затраты, необходимые для конструирования, экспериментирования и внедрения новой техники на мощных крутопадающих пластах Кузбасса.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
5/VII 1957.

К. В. БИБИК

**К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ ПЛАСТОВ
БУКАЧАЧИНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В разрешении вопроса о выборе наиболее эффективных систем разработки мощных пластов Букачачинского месторождения за последние годы наметилось два направления: разработка наклонными слоями и разработка на всю мощность.

Первое направление проверено на практике и зарекомендовало себя положительными результатами, второе находится еще в стадии экспериментирования и требует теоретического обобщения и усовершенствования. Учитывая сложность условий залегания мощных пластов на месторождении, изыскание рациональных систем разработки следует вести в обоих направлениях.

В данной статье на опыте разработки мощных пологопадающих пластов Букачачинского месторождения делается попытка наметить пути совершенствования комбинированной системы разработки и, в частности, технологии выемки угля.

Букачачинское каменноугольное месторождение расположено в центральной части Читинской области и по горно-геологическим условиям почти аналогично Ольжерасскому месторождению Кузбасса. Юрские угленосные отложения залегают моноклинально с падением на северо-запад и имеют нормальную мощность 800 м. По литологии и угленосности эта толща осадков разделяется на шесть свит, из которых промышленное значение имеет Букачачинская свита [1] (табл. 1).

Таблица 1
Соотношение горных пород в Букачачинской свите (в %)

Породы	Верхние горизонты	Нижние горизонты
Песчаники	81,0	9,8
Сланцы	4,0	25,3
Конгломераты	2,0	56,4
Угли	13,0	8,5

Месторождение характерно непостоянством мощности, структуры и качества пластов, переменным углом падения, неравномерным распределением пластов по площади (за исключением пластов I и II), большим количеством геологических нарушений, наличием вечной мерзлоты, распространенной до глубины 80—120 м, значительной водоносностью пород (поле шахты № 1), высокой крепостью пород основной кровли, представленной кварцево-аркозовыми песчаниками и конгломератами.

Из пяти рабочих пластов Букачачинской свиты — III, II-бис, Слутник, II, I — мощными являются нижние пласты II и I, в которых сосредоточено до 70% угля. На поле шахты № 1 пласты I и II в пределах пяти верхних горизонтов на участке простиранием 500—925 м сливаются и образуют пласт I + II (табл. 2). Средний угол падения пластов 16—19°.

Таблица 2
Характеристика мощных пластов Букачачинского месторождения

Название пласта	Расстояние до вышележащего пласта, м	Мощность, м		Непосредственная кровля	Почва	Строение пласта
		от — до	средняя			
II	0,6—30	0,8—17,5	5,5	Песчано-глинистые сланцы и песчаники мощностью 2—5 м	Песчаники и сланцы	Сложный, содержит 2—4 породных прослойка мощностью до 1 м
I	0—60	0,8—14,75	6,5	Песчано-глинистые и углистые сланцы, глинистые песчаники мощностью 2—9 м	Песчаники и сланцы	Сложный, содержит 3—6 породных прослоев мощностью до 0,5 м
I+II	0,6—2,0	8,5—16,4	12,0	Глинистые песчаники и различные сланцы мощностью 3—8 м	Песчаники, иногда глинистые сланцы	Сложный, содержит от 2 до 23 породных прослоев мощностью до 0,4 м

Угли марки Г — энергетические; степень углефикации высокая (органическая масса содержит до 80% C), газоносны и склонны к самовозгоранию.

История развития Букачачинского месторождения характерна поисками рациональных систем разработки мощных пластов (особенно на участке их слияния). Долевое участие отдельных систем разработки в общей добыче на протяжении последних 25 лет оставалось относительно постоянным. Однако этапы развития направлений можно определить достаточно отчетливо.

Первый этап охватывает 1932—1953 гг. В это время преимущественное распространение имела камерная система. Разработка мощных пластов сопровождалась большими потерями угля и подземными пожарами.

Второй этап, начавшийся с 1954 г., характеризуется промышленными испытаниями и освоением новых систем разработки (табл. 3).

При попытке дать оценку применяемым системам разработки мы предполагаем, что конструкции, преимущества и недостатки их читателю хорошо известны.

Ниже приводятся результаты применения камерной системы, наклонных слоев с обрушением и системы разработки с принудительным обрушением угля.

До 1954 г. мощные пласты разрабатывались в основном камерной системой: с магазинированием угля, без магазинирования угля, с обратной выемкой заходками (рис. 1).

Освоение камерной системы с магазинированием угля было начато в августе 1944 г. на I горизонте шахты № 1 по пласту I + II. Мощность пласта изменялась от 8,5 до 13,0 м, угол падения равнялся 18—19°. В пределах горизонта +617 м горные работы велись в переходной зоне от

Таблица 3

Удельный вес и потери угля по системам разработки в общей добыче шахты № 1 (в %)

Система разработки	1952	1953	1954	1955	С начала разработки по 1955 г.
Сплошная	30,0*	48,2	95,6	69,7	44,0
	8,0	3,9	4,9	7,1	6,1
Камерная с обратной выемкой и длинные столбы по восстанию	31,0	16,8	2,2	4,4	28,4
	28,1	12,3	10,2	13,0	25,4
	19,0	35,0	н	н	22,0
Камерная с магазинированием угля	75,8	57,2	н	н	50,9
	20,0	н	н	21,0	5,3
Наклонные слои с обрушением	46,4	н	н	12,5	34,9
	н	н	н	4,9	0,3
С принудительным обрушением угля	н	н	н	33,2	33,2

* В числителе указывается удельный вес системы разработки, в знаменателе — потери угля, «н» — данная система не применялась.

вечномерзлых пород к талым, в пределах горизонта +590 м — в зоне талых пород. На II горизонте (+558 м) условия разработки пласта резко изменились.

Опыт разработки пласта I + II на горизонтах +617 м и +590 м камерами с магазинированием угля и пути совершенствования этой системы описаны И. А. Леоненко, Ф. В. Ознобихиным, П. А. Ясиновенко в 1949 г. [2].

Если на первом горизонте в зоне вечной мерзлоты и при наличии крепкого угля в пласте был выдержан и без того высокий норматив потерь угля, то на втором горизонте потери угля значительно увеличились. Изменение горно-геологических условий (выход очистных работ из зоны вечной мерзлоты и появление в нижней части пласта пачки мягкого угля) привело горные работы к аварийному состоянию. Стали частыми раздавливание целиков, обрушение пород кровли на замагазинированный уголь и эндогенные пожары.

Ни рационализация параметров системы, ни усиление паспорта крепления камерных печей, ни усовершенствование паспорта буровзрывных работ и организации работ в камерах не дали положительных результатов.

Основной недостаток камерной системы — большие потери угля и опасность пожаров. За десять лет применения этой системы потери составили 50,9%: в 1944 г. — 40,3, 1945 — 48,3, 1946 — 46,0, 1947 — 54,8, 1948 — 51,4, 1949 — 59,6, 1950 — 28,2, 1951 — 45,2, 1952 — 75,8, 1953 — 57,2%; возникло два пожара (1946, 1953 гг.), первый — через год после отработки участка, второй — через шесть месяцев.

В 1954 г. разработка пласта I + II была прекращена на период изыскания новых более рациональных систем разработки.

Камерная система без магазинирования угля (местное название «камеры с отступающим забоем») применялась на пласте I мощностью 5,5—7,0 м на южном крыле второго горизонта шахты № 1 с декабря 1948 г. по июль 1949 г. За восемь месяцев был отработан участок с размерами по падению 60—70 м, по простиранию 320 м.

Успех применения этого варианта камерной системы определялся скоростью продвижения очистных работ по простиранию. Выемка угля в первых шести камерах велась без особых осложнений. На восьмидесятом

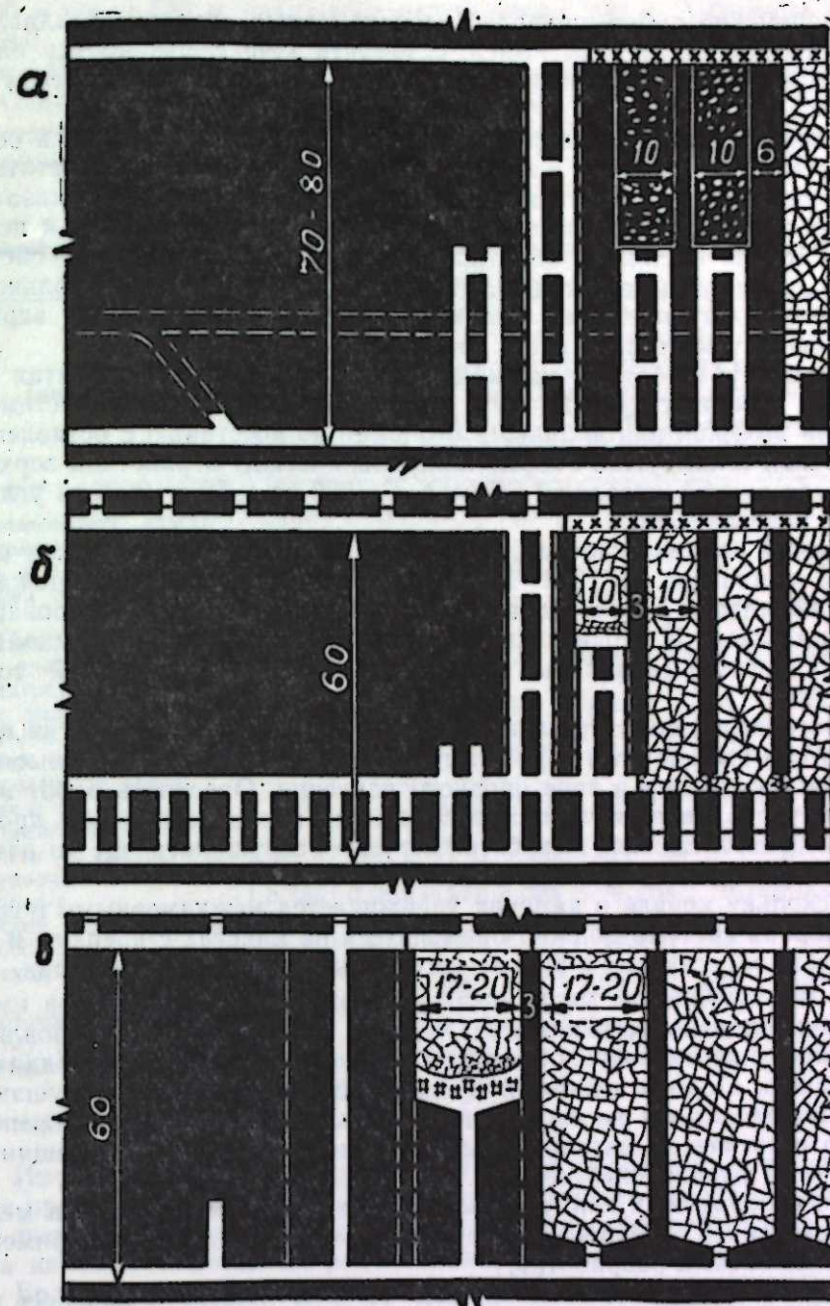


Рис. 1. Камерная система разработки:
а — с магазинированием угля; б — без магазинирования угля; в — с обратной выемкой заходками.

метре от начала работ произошла первая посадка пород основной кровли. В дальнейшем в камерах участились обрушения пород кровли на отбитый уголь.

Так, при проходке печи № 23 на пятьдесят пятом метре от просека обнаружился завал, где межкамерный целик оказался полностью раздавленным. Здесь потери угля составили 64%. Увеличение ширины межкамерного целика до 6,0 м не улучшило состояние работ: крепь печей

преждевременно деформировалась, межкамерные целики раздавливались, происходили завалы камер. С августа 1949 г. разработку пласта производили системой наклонных слоев с оставлением межслоевой толщи угля.

Камерная система с обратной выемкой заходками являлась основной системой разработки пластов мощностью 2,0—4,5 м. Недостатками этой системы следует считать низкие технико-экономические показатели, большие потери угля и опасность пожаров. В целях уменьшения потерь угля камерная система с обратной выемкой оформлялась в систему длинных столбов по восстанию, отличающуюся от камерной только отсутствием междустолбовых целиков. В настоящее время этот вариант камерной системы применяется при погашении целиков.

Система разработки наклонными слоями на I и II горизонтах применялась в варианте, когда слои обрабатывались камерной системой с обратной выемкой или длинными столбами по восстанию с оставлением межслоевой толщи угля. Разрыв во времени между отработкой верхнего и нижнего слоев составлял 1—3 года. С 1932 по 1952 гг. потери угля по системе равны 48,7%.

Данный вариант системы наклонных слоев еще более опасен в пожарном отношении. В 1932—53 гг. зарегистрировано девять пожаров, из них по пласту I+II — два (камерная система с магазинированием угля), по пласту II — один (камерная система с обратной выемкой), по пласту I — шесть (наклонные слои с оставлением межслоевой толщи угля).

Многолетний опыт применения камерной системы разработки показал, что при выемке угля короткими забоями по падению камерные печи постоянно находятся в зоне опорного давления. Опасность работ в камерах обуславливается частым зависанием пород основной кровли. Крепь подготовительных выработок нередко разрушалась еще до начала очистных работ.

Поскольку кровля в камерах удерживается межкамерными целиками, камерная система должна применяться на пластах с крепким и вязким углем, залегающих в весьма устойчивых вмещающих породах.

На Букачачинском месторождении боковые породы пластов имеют различную степень устойчивости. Породы непосредственной кровли не допускают значительного обнажения, легко обрушаются и поддаются слеживанию. Породы основной кровли весьма устойчивы, обрушаются крупными блоками и не слеживаются. Уголь пластов средней крепости нередко встречается мягкий и рыхлый, имеет интенсивную трещиноватость и ясно выраженный кливаж.

Таким образом, к концу 1953 г. отчетливо выявился разрыв между усложнившимися условиями разработки мощных пластов и применявшимися системами разработки.

В 1953 г. на III горизонте шахты № 2 по пласту I началось промышленное освоение нового варианта системы разработки наклонными слоями. Пласт мощностью 4,0—5,5 м разделялся на два слоя. Слои толщиной 2,0—2,7 м обрабатывались системой лава-этаж с применением предварительной крепи из лежанов и сплошного горбыльного настила. Уголь в лавах длиной 140—160 м вынимался взрывным способом.

Освоение двуслойной разработки пласта I на шахте № 2 оказалось эффективным и доказало надежность в работе этого варианта, как системы в целом, так и отдельных ее элементов.

В 1955 г. этот вариант слоевой системы разработки внедрен на шахте № 1 по пласту I (табл. 4). С 1956 г. осваивается трехслойная разработка пласта. Размер южного крыла шахтного поля на горизонте

+ 490 м равен 560 м, наклонная высота этажа 200 м. Мощность пласта 5,0—8,0 м; толщина слоев изменяется: верхнего и среднего от 2,3 до 2,7 м, нижнего от 1,6 до 2,5 м. В настоящее время верхний слой отработан. Очистные работы механизированы комбайном «Донбасс». Этажный откаточный штрек проведен полевым и со слоевыми штреками соединен наклонными гезенками.

Таблица 4
Технико-экономические показатели по промышленно освоенным системам разработки на шахте № 1

Показатели	Камерная система разработки				Система разработки наклонными слоями			
	с магазинированием угля		без магазинирования угля	с обратной выемкой	с оставлением межслоевой толщи угля		с применением предварительной крепи	
	1947	1951	1949	1949	верхний слой	нижний слой	1955	
Наименование пласта	I+II	I+II	I	II	I	I	I	I*
Вынимаемая мощность, м	7,7	7,8	6,0	3,0	2,8	2,7	5,0	5,0
Длина очистных забоев, м	22	20	20	22	21	22	160	165
Среднемесячная добыча по участку, т	12500	11500	9650	6390	9120	7377	13970	19550
Среднесуточная добыча по участку, т	430	385	350	230	326	263	462	662
Добыча из подготовительных работ, %	14,5	12,0	11,0	18,0	25,0	17,3	6,9	3,7
Производительность рабочего на выход, т	5,45	5,0	3,65	2,97	3,24	1,36	3,2	4,7
Производительность рабочего в месяц, т	117	113	108	62,5	68,7	28,2	73,5	110,2
Трудоемкость работ чел-смен/т	0,183	0,200	0,274	0,335	0,310	0,732	0,315	0,213
Расход лесоматериала на 1000 т, м ³	6,9	9,3	16,2	42,4	40,3	38,1	78,8	50,0
Расход ВВ на 1000 т, кг	266	197	290	542	520	495	580	320
Себестоимость 1 т по участку, руб.	14,00	14,43	17,70	28,07	24,75	27,50	28,61	17,56
Потери угля, %	54,8	45,2	51,2	14,7	45,2	31,5	12,5	9,2

*) По шахте № 2

Из данных табл. 4 видно, что система разработки наклонными слоями с применением предварительной крепи выгодно отличается от камерной системы высокой производительностью участка, небольшим выходом угля из подготовительных работ и минимальными потерями угля.

Более низкие показатели на шахте № 1 по новому варианту слоевой системы объясняются периодом освоения, когда обрабатывался в основном верхний слой и возводилась предварительная крепь. В декабре 1955 г. при одновременной отработке двух слоев добыча по участку равнялась 22563 т, производительность труда рабочего на выход — 3,8 т, себестоимость 1 т угля — 22 руб.

Полученные в настоящее время технико-экономические показатели по системе разработки наклонными слоями могут быть значительно улучшены за счет совершенствования некоторых ее элементов и внедрения комплексной организации работ в лавах. В частности, данный вопрос требует специальной проработки и поэтому в статье не освещается.

Учитывая то, что за четыре с лишним года применения системы разработки наклонными слоями с предварительной крепью не было случаев возникновения подземных пожаров и что потери угля сведены до минимума, данную систему можно отнести к числу основных для разработки мощных пластов на нижних горизонтах, особенно на тех участках, где пласты имеют весьма сложную структуру.

В результате наших личных наблюдений и анализа опыта разработки мощных пластов Букачачинского месторождения установлено:

1. Величина пролета основной кровли, при котором происходит ее первое обрушение после отхода очистных работ от разрезной печи, равна 80—100 м.

2. Окончательная осадка пород основной кровли происходит на площади выработанного пространства, равной 8000—10000 м².

3. Выемка угля короткими забоями по падению пласта не соответствует данным горно-геологическим условиям и в связи с опасностью работ является нерациональной.

4. При выемке угля длинными забоями по простиранию пласта обрушение пород основной кровли происходит равномерно, без резких динамических нагрузок на крепь выработок.

5. Деревянная предварительная крепь при слоевой разработке пластов является достаточно прочной и работоспособной.

6. Полевая подготовка мощных пластов является технически и экономически целесообразной.

7. Практически доказана возможность: а) разработки мощных пластов слоевой системой с обрушением; б) выемки угля из пластов мощностью до 8,0 м в три слоя толщиной от 2,0 до 2,7 м каждый; в) применения очистных забоев длиной до 190 м; г) установления минимального опережения работ в верхнем слое при слоевой разработке до 35—40 м; д) применения механизированной выемки угля в лавах комбайном «Донбасс» с шарнирно складывающимся баром высотой до 2,5 м в каждом слое; е) исключения случаев подземных пожаров при своевременном и качественном проведении профилактических противопожарных мероприятий.

Опишем первые результаты промышленных испытаний системы разработки с принудительным обрушением угля, предложенной доцентом Ленинградского горного института Е. Я. Махно [3].

Сущность этой системы заключается в том, что мощный пологопадающий пласт угля делится на два слоя. Верхний слой у всякого бока пласта отрабатывается длинными столбами по простиранию. В контурных штреках — траншеях, проводимых на всю мощность пласта, и на почве верхнего слоя монтируется гибкое перекрытие. Оно служит для отделения обрушенных пород от угля нижнего слоя. Нижний слой под перекрытием отрабатывается взрывным способом из выемочных штреков на полную мощность без крепления выработанного пространства.

Рабочий проект комбинированной системы разработки пласта I + II был составлен в 1953 г. и привязан к III горизонту северного крыла шахты № 1. Первый блок с размерами по простиранию 80 м и по падению 40 м отрабатывался с февраля 1954 г. по январь 1956 г., второй блок размером 80×100 м отрабатывается с 1956 г. по настоящее время (рис. 2).

Пласт I + II мощностью до 13,0 м имеет сложную структуру и ярко выраженный кливаж угля. Мощность непосредственной кровли изменяется от 4 до 6 м. Вышележащий пласт II-бис отрабатан в 1949 г.

Подготовительные работы в блоке № 1 велись очень медленно,

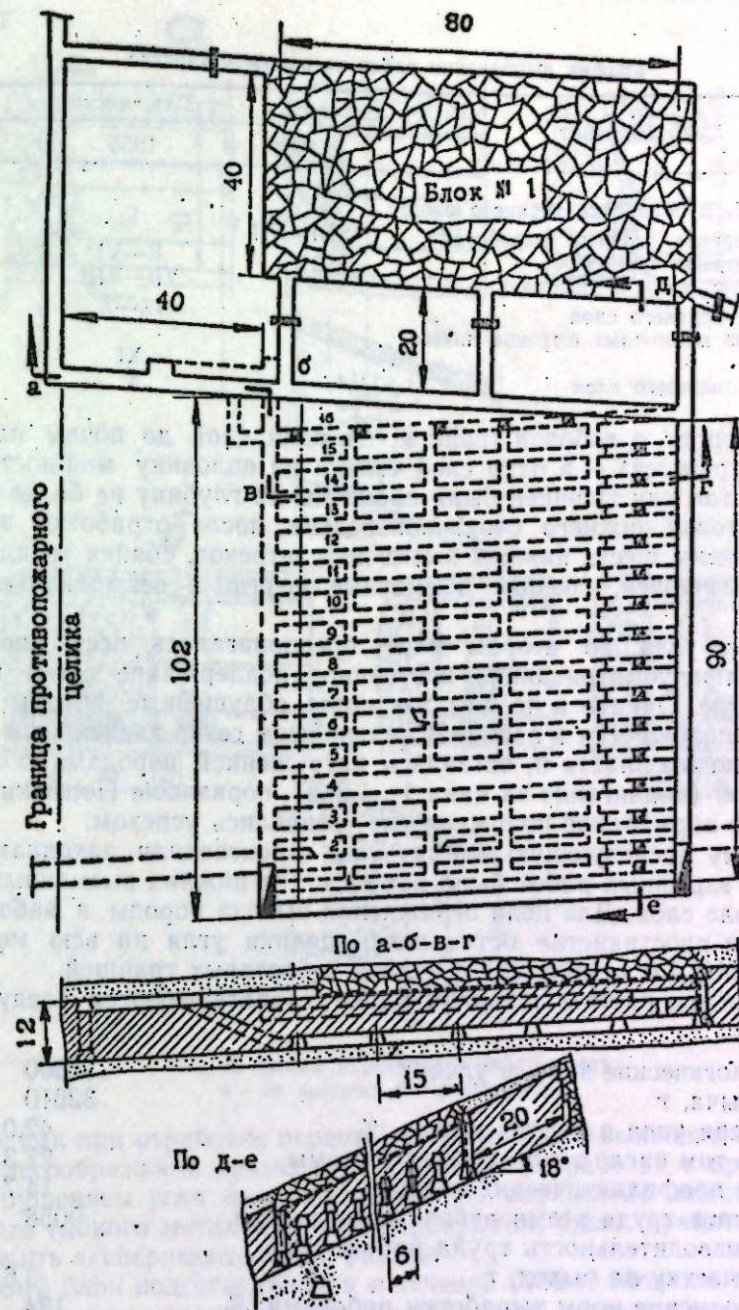


Рис. 2. Система разработки с принудительным обрушением угля.

главным образом из-за несвоевременного обеспечения участка металлической сеткой и механизмами. Фактический график этих работ представлен в табл. 5.

Порядок отработки блока прямой, направление — по простиранию. Главный откаточный штрек проводится полевым. Схема проветривания фланговая.

Выемка угля в монтажном слое осуществлялась взрывным способом с ручной погрузкой на скребковый конвейер. В лаве сетка шириной 1,0 м (размер ячейки 20×20 мм, Д = 1,8—2,0 мм) укладывалась в два

Таблица 5

График выполнения работ на опытном участке.

Виды работ	Год; месяц		
	1954	1955	1956
Подготовка к отработке верхнего слоя:			
а) проведение главных выработок	III—VII	II—VI	
б) проведение траншей		VII—VIII	
в) монтаж сетки в траншеях		IX—X	
Отработка верхнего слоя			
Проведение выемочных штреков нижнего слоя		XI	
Отработка нижнего слоя		X	I

слоя в переплет, в лобовой траншее — в один слой до почвы пласта, в бортовых траншеях — в один слой только на половину мощности нижнего слоя, так как траншеи были пройдены на глубину не более 5 м.

Подготовка нижнего слоя произведена после отработки верхнего слоя: пройдены шесть нижних выемочных штреков, сбойки между ними у лобовой траншеи, средние выемочные штреки и вентиляционные гезенки.

Выемку угля во втором слое предполагалось вести по схеме (рис. 3а), предусматривавшей постоянное поддержание сетки на взорванном угле. Однако в первом же цикле обрушенные породы вышли на стыках полос сетки в забой. В дальнейшем сетка зависла на высоте 4—5 м от почвы пласта и, оставаясь нагруженной породами в течение пяти циклов (подвигание за цикл 1—1,2 м), порвалась. Попытки привести сетку в нормальное положение не увенчались успехом.

Поэтому последующую выемку угля производили заходками. Направление взрывных работ было изменено: от нижних выемочных штреков к кровле слоя. Для цели ограждения выхода породы в забой в выработанном пространстве оставлялись целики угля на всю мощность слоя шириной 2,0 м (рис. 3б) и целики у бортовых траншей.

Результаты работы в первом блоке характеризуются следующими данными:

Геологические запасы угля, т	56300
Добыча, т	32610
Потери угля в недрах общие, %	42,0
в том числе зависящие от системы	27,3
в профилактических целиках	14,7
Затрата труда всеми рабочими, чел.-смен.	9058
Производительность труда рабочего по участку на выход, т	3,6
Выполнение норм выработки рабочими, %	134
Объем подготовительных работ на 1000 т, пог. м	35,3
Выход угля из подготовительных работ, %	43,0
Расход лесоматериалов на 1000 т, м ³	50,0
Расход ВВ на 1000 т, кг	676
Расход сетки на 1 т, кг	1,71
Расход электроэнергии на 1 т, квт-ч	6,3
Себестоимость 1 т угля, руб.	44,40
в том числе: заработная плата	20,63
материалы	18,79
электроэнергия	2,02
противопожарная профилактика	2,96

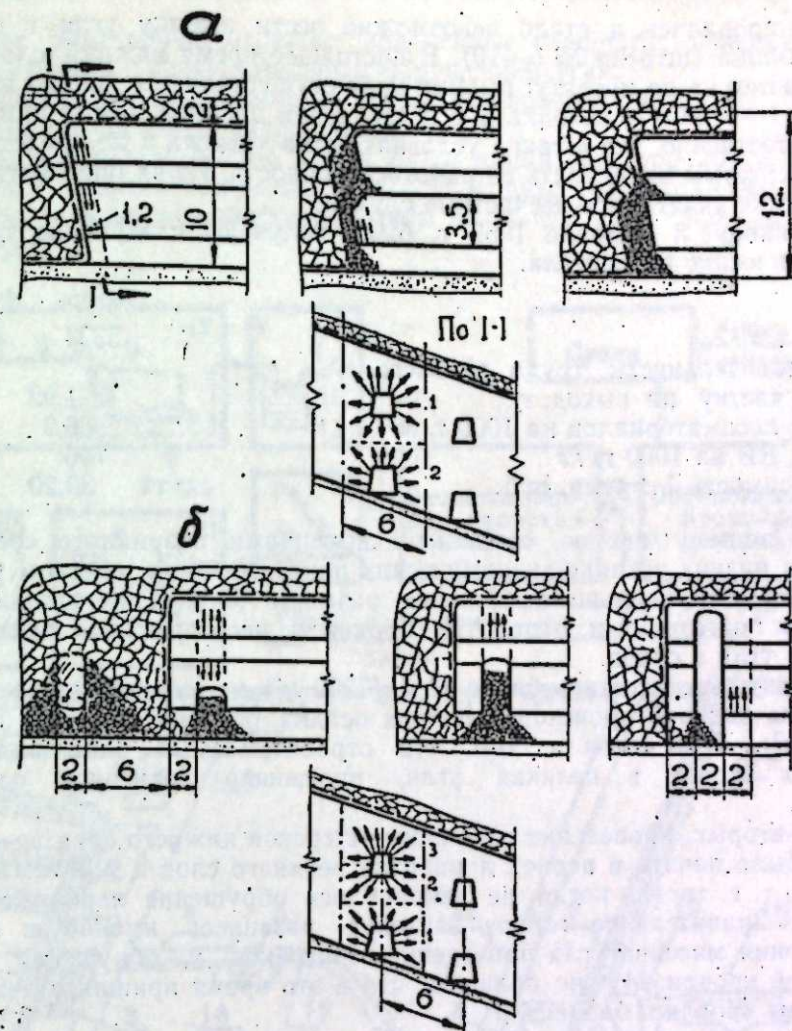


Рис. 3. Схема отработки нижнего слоя:
а — по проекту; б — фактическая.

Так как при отработке первого блока не была выявлена экономическая целесообразность применения системы разработки с принудительным обрушением угля и, в частности, не определена конструктивная прочность гибкого металлического перекрытия, было принято решение продолжить экспериментальные работы.

Новый блок подготавливался в течение 1956 г. Монтаж гибкого перекрытия на почве верхнего слоя и в траншеях осуществлен в соответствии с проектом, т. е. сетка уложена в два слоя в переплет и в траншеях спущена до почвы пласта. Для сокращения срока подготовки блока проведение нижних выемочных штреков началось в период доработки монтажного слоя.

В декабре 1956 г. после отработки верхнего слоя и обрушения пород кровли крепь штреков сильно деформировалась, в результате чего штреки пришлось перекрепить. Восстановительные работы продолжались до середины января 1957 г.

Выемку угля в нижнем слое предполагалось производить аналогичным способом: узкими полосами по опадению с применением буровзрывных работ. Однако во время отбойки и выпуска угля выработки вновь

деформировались, и стало невозможно вести выемку угля в средней части блока (штреки № 5—10). В настоящее время нижний слой отрабатывается не по проекту: выемка угля осуществляется только из штреков № 1—4, 11—16 заходками с оставлением целиков между ними.

Естественно, что в таких условиях сетка зависла и не представляется возможным определить ее работоспособность. Из-за опасности работ на участке участились несчастные случаи.

В январе и феврале 1957 г. были получены следующие технико-экономические показатели.

	Январь	Февраль
Добыча, т	5334	8478
Производительность труда рабочего по участку на выход, т	1,92	3,21
Расход лесоматериалов на 1000 т, м ³	66,2	33,0
Расход ВВ на 1000 т, кг	746	582
Себестоимость 1 т угля, руб.	39,20	19,45

По нашему мнению, основными причинами аварийного состояния работ и низких технико-экономических показателей на опытном участке являются: неправильно выбранные размеры блоков, нерациональный порядок подготовки и отработки блоков и несовершенная технология выемки угля в слоях.

Во-первых, площадь блока № 1 (3200 м²) не соответствовала площади, на которой происходит полная осадка основной кровли (8000—10000 м²). И в связи с тем, что отрабатываемый блок находился со всех сторон в целиках угля, произошло зависание основной кровли.

Во-вторых, проведение выемочных штреков нижнего слоя во втором блоке было начато в период доработки верхнего слоя и монтажа перекрытия, т. е. тогда, когда не закончилось обрушение пород основной кровли. Значительное горное давление развилось именно в период ослабления массива угля проведением штреков и обрушения пород основной кровли. Нужно полагать, что в это время пришли в движение и породы кровли в блоке № 1.

Мы считаем, что назначение верхнего слоя сводится не только к монтажу гибкого перекрытия, но и к созданию условий наиболее полного обрушения пород кровли. Последнее приобретает особое значение при разработке мощных пологопадающих пластов, залегающих в крепких, труднообрушающихся породах. Поэтому размеры блока должны приниматься не менее 150×150 м, мощность верхнего слоя 1,7—2,2 м, подготовительные работы в нижнем слое следует проводить только после выемки верхнего слоя и монтажа перекрытия.

В-третьих, технология выемки угля в верхнем слое не соответствует современному уровню техники угледобычи. Взрывные работы в нижнем слое велись не по проекту, бессистемно.

Таким образом, решающее влияние на эффективность применения комбинированной системы разработки оказывает правильный выбор размеров блока, способа его подготовки, конструкции эластичного перекрытия и средств механизации подготовительных и очистных работ.

Промышленным опытом разработки угольных пластов [4, 5, 6] доказана экономическая целесообразность применения подземной гидромеханизации.

Нами выполнен проект комбинированной системы разработки пласта I + II Букачачинского месторождения с гидроотбойкой угля в ниж-

нем слое. Этот проект отражает дальнейшее совершенствование системы разработки с принудительным обрушением угля.

Ниже излагаются основные положения проекта. На рис. 4 дана принципиальная схема гидродобычи.

При наклонной высоте этажа 200 м длина одностороннего выемочного поля принимается равной 200—250 м, двустороннего — 400—500 м. Подготовительные выработки показаны на общем виде системы разработки (рис. 5).

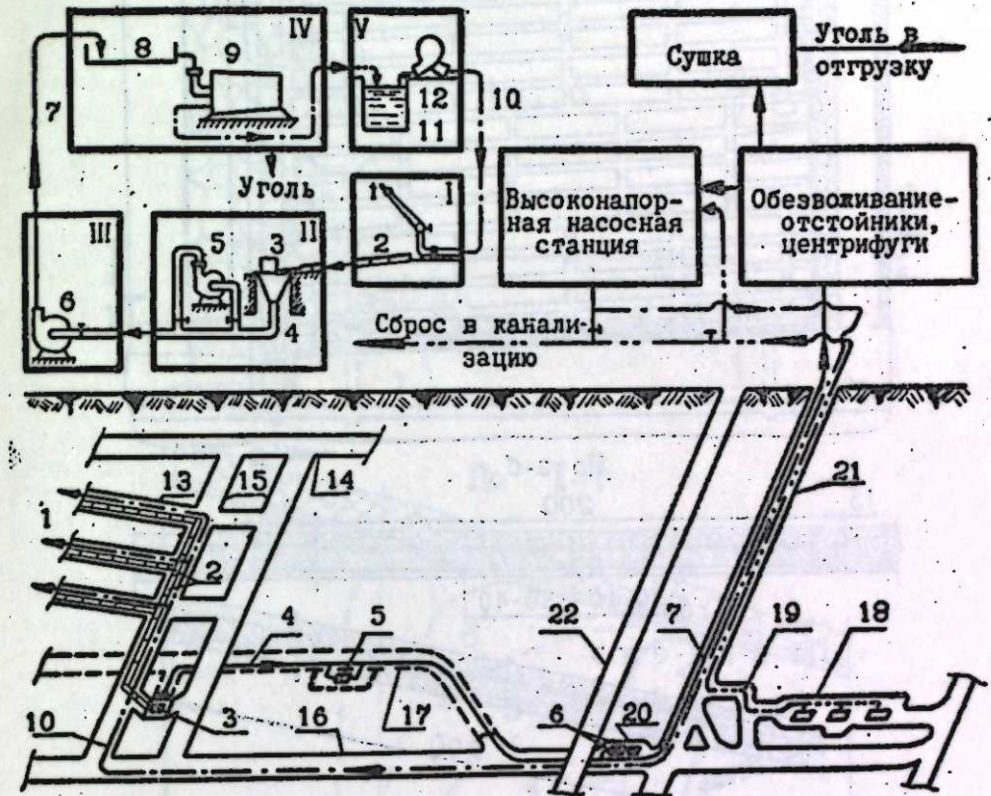


Рис. 4. Принципиальная схема гидродобычи.

1 — гидроотбойка; II — гидротранспорт; III — гидроподъем; IV — обезвоживание; V — высоконапорная насосная станция. 1 — гидромониторы; 2 — желоба; 3 — дробилка; 4 — трубопровод самотечно-напорного транспорта; 5 — участковый углесос; 6 — углесосы гидроподъема; 7 — пульлоад; 8 — отстойники; 9 — центрифуги; 10 — подовод; 11 — резервуары технической воды; 12 — высоконапорные насосы; 13 — выемочные штреки; 14 — вентиляционный штрек; 15 — бремсберги нижнего слоя; 16 — пластовый откаточный штрек; 17 — полевой штрек; 18 — камера шахтного водоотлива; 19 — нагнетательный трубопровод; 20 — камера гидроподъема; 21 — вспомогательный ствол; 22 — главный ствол.

Отличительными особенностями предлагаемого варианта комбинированной системы являются: механизированная выемка угля в верхнем слое и гидромеханизация подготовительных и очистных работ нижнего слоя.

Подготовительные работы в верхнем слое следует механизировать комбайном ПКГ-2, а очистные — комбайном «Донбасс-1» с вертикальным отрезным баром. После промышленной доводки конструкций узкозахватных комбайнов представится возможным применение одного из следующих типов комбайнов: КС-2м, ДУ-3, К-53. По мере совершенствования техники паспорт крепления будет, разумеется, пересматриваться. Наиболее эффективной считаем узкозахватную выемку угля ком-

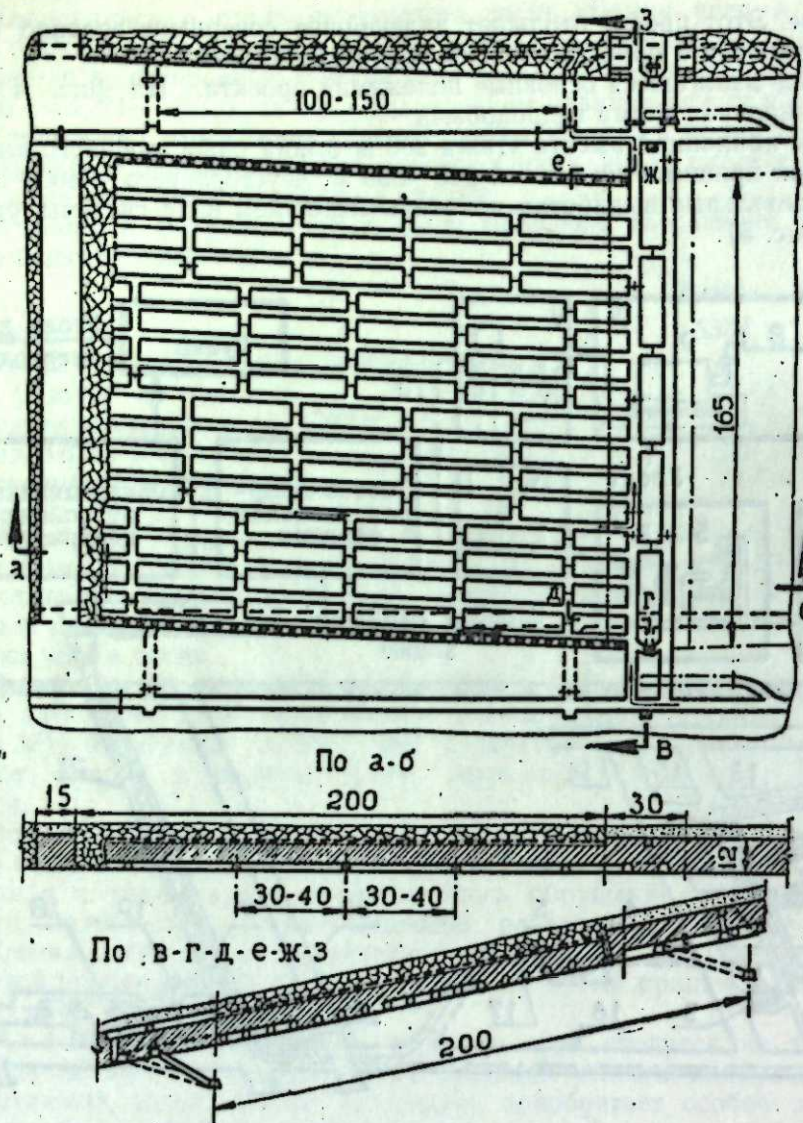


Рис. 5. Комбинированная система разработки с гидроотбойкой угля.

байнами в комплексе с передвижными конвейерами и металлической податливой крепью.

Эластичное перекрытие должно приниматься прочной конструкции. Заслуживает внимания конструкция перекрытия, разработанная КузНИУИ и показавшая свою полную работоспособность [7]. При дальнейших опытных работах рекомендуем испытать перекрытие из металлических лент и металлической сетки.

К моменту начала работ в нижнем слое монтажный слой должен быть отработан, эластичное перекрытие уложено и спущено в траншеи.

Для обеспечения нормального стока пульпы по металлическим желобам выемочные штреки проводятся по простиранию пласта с уклоном 0,03—0,05 гидравлическим способом с предварительным рыхлением угля. Штреки проводятся на расстоянии 8—10 м у почвы пласта и соединяются вентиляционными сбоями.

Выемка в нижнем слое производится под эластичным перекрытием гидроотбойкой, т. е. разрушающим и размывающим воздействием струи

воды на массив угля с помощью гидромониторов РГМ-1 или ГДЦ-2 с дистанционным управлением. Возможно применение двух основных способов выемки угля: без предварительного рыхления и с предварительным рыхлением. Учитывая производственный опыт гидроотбойки

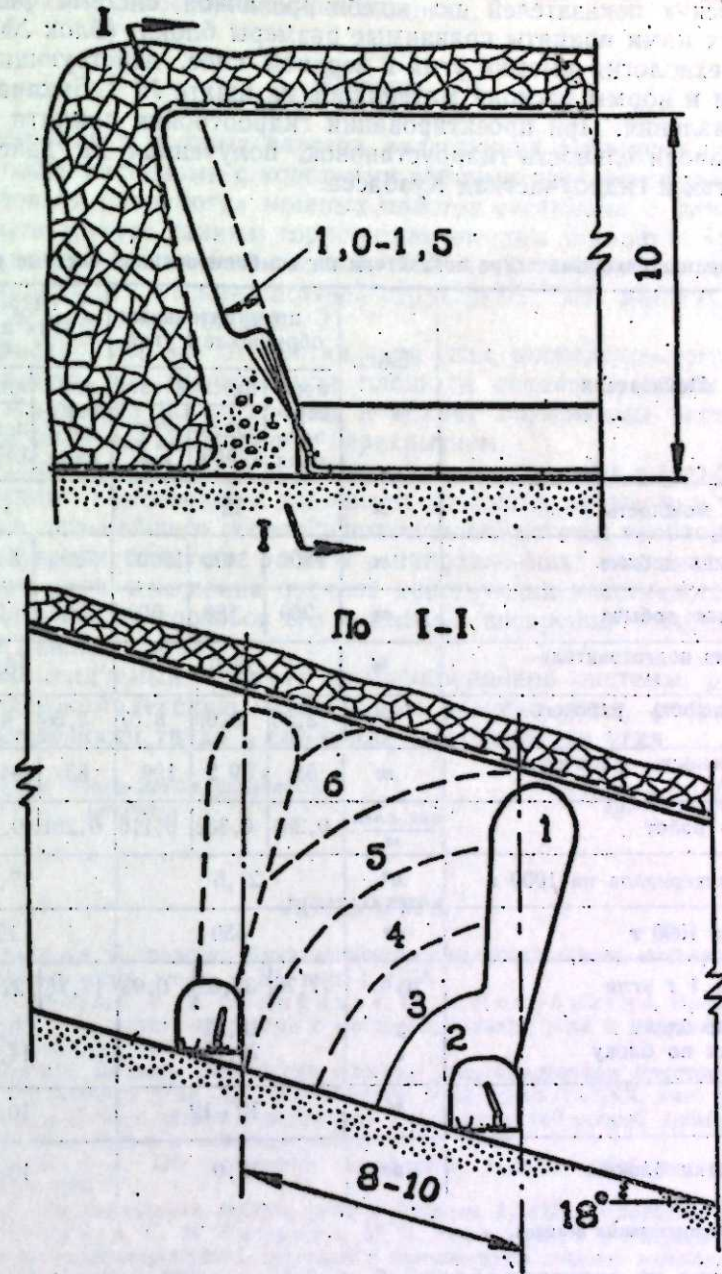


Рис. 6. Примерная схема отработки заходки в нижнем слое.

при разработке мощных пластов в Кузбассе [8] и интенсивную трещиноватость угля пласта I + II, считаем целесообразным применение первого способа. Выемку угля предлагается вести узкими полосами по падению в заходках. Примерная схема отработки заходки показана на рис. 6.

Поскольку в статье рассматриваются вопросы совершенствования систем разработки, на вопросах гидротранспорта, гидроподъема, водоснабжения и обработки угля на поверхности мы не останавливаемся.

В заключение приводим в таблице 6 сравнение проектных технико-экономических показателей по комбинированной системе разработки. В расчетах нами приняты сравнимые размеры блока (блок № 2), одинаковая технология выемки угля в верхнем слое, действующие нормы выработки и нормы расхода материалов на шахте № 1 Букачачинского шахтоуправления. При проектировании гидроотбойки принята фактическая производительность гидроустановок, полученная на действующих гидрошахтах и гидроучастках Кузбасса.

Таблица 6
Проектные технико-экономические показатели по комбинированной системе разработки

Показатели	Едн. изм.	С принудительным обрушением угля			С гидроотбойкой угля в нижнем слое		
		лава верхнего слоя	нижний слой		лава верхнего слоя	нижний слой	
			подготовка	очистная выемка		подготовка	очистная выемка
Вынимаемая мощность	м	12			12		
Среднемесячная добыча	т	7800	5400	18000	7800	5400	28500
Среднесуточная добыча	т	260	180	600	260	180	950
Выход угля из подготовительных работ	%	28,0			13,6		
Производительность рабочего на выход	т	3,56	3,00	8,57	3,56	4,19	33,95
Производительность рабочего в месяц	т	83	69,2	198	83	94,8	770
Трудоемкость работ	$\frac{\text{чел.-смен.}}{\text{т}}$	0,281	0,333	0,116	0,281	0,239	0,029
Расход лесоматериалов на 1000 т	м ³	21,6			17,9		
Расход ВВ на 1000 т	кг	550			195		
Себестоимость 1 т угля	руб.	17,76	37,53	6,93	17,76	22,96	2,01
средняя по блоку	"	15,11			9,41		
суммарная по блоку	"	20,15			14,45		
Потери угля*	%	10—12			10—12		
Время отработки блока	мес.	12,0			10,3		

* Без предохранительных целиков.

Как видно из данных таблицы 6, при применении и гидромеханизации в нижнем слое производительность участка возрастает на 58%, производительность труда увеличивается почти в 4 раза, себестоимость 1 т угля снижается почти в 3 раза, а суммарная по блоку — на 28,7%.

Расчеты показывают, что при механизированной выемке верхнего слоя и гидромеханизации подготовительных и очистных работ в нижнем слое проектная суммарная себестоимость 1 т угля снижается до 8—10 руб.

Экономичность гидравлического способа разработки доказывается еще тем, что производительность шахты № 1 может быть увеличена на 60% без реконструкции существующего подъема. Однако эффективность гидродобычи может быть достигнута только при известном объеме капиталовложений и освоении новой технологии.

Выводы

1. Разработка мощных пластов, залегающих в крепких породах, на всю мощность системами с короткими забоями нецелесообразна.
2. Слоевая разработка мощных пластов системами с длинными забоями соответствует данным горно-геологическим условиям. На пластах мощностью 4—6 м является экономичной, а на участках пластов повышенной мощности с весьма сложной структурой, по нашему мнению, почти единственно возможной.
3. Предварительная отработка слоя угля, расположенного у висячего бока пласта, на значительной площади создает условия наиболее полного обрушения пород кровли и делает возможным вести выемку угля заходками под эластичным перекрытием.
4. Экспериментируемая комбинированная система разработки требует коренного изменения ее элементов и технологии выемки угля.
5. Для дальнейшего усовершенствования системы необходимо организовать широкие опытные работы в направлениях: механизации выемки верхнего слоя, изыскания прочной конструкции эластичного перекрытия и рациональных способов его монтажа, внедрения гидравлического способа в нижнем слое.
6. Рекомендуемый вариант комбинированной системы разработки обеспечивает комплексную механизацию выемки угля, рост добычи и производительности труда и снижение себестоимости угля.

Иркутский горно-металлургический институт

Поступила в редакцию 28/VI 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Кумпан, К геологии Букачачинского каменноугольного месторождения. Записки Ленингр. горн. ин-та, т. XI, вып. 1, 1938.
2. И. А. Леоненко, Ф. В. Ознобихин, П. А. Ясиновенко, Выемка мощного пологопадающего пласта камерами с магазинированием угля и обрушением кровли. БТИ, Углетехиздат, 1949.
3. Е. Я. Махио, Вопросы разработки мощных пологопадающих пластов с принудительным обрушением угля. Записки Ленингр. горн. ин-та, т. XXX, вып. 1, 1955.
4. Смелее и настойчивее внедрять подземный гидравлический способ добычи угля. Механизация трудоемких и тяжелых работ, № 11, 1955.
5. А. Д. Игнатъев, Об улучшении технологии выемки угля при гидродобыче. Уголь, № 9, 1956.
6. Подземная гидравлическая добыча угля в Польше. ЦИТИ, Углетехиздат, 1956.
7. С. И. Дмитриев, С. И. Запreeв, И. Б. Милованов, Разработка мощных пластов угля комбинированной системой с применением гибкого металлического перекрытия. Уголь, № 2, 1956.
8. Подземная гидравлическая добыча угля в Кузбассе. БТИ, Углетехиздат, 1953.

А. И. ВАСИЛЬЕВ, В. М. ОЛЬШЕВСКАЯ, В. А. САВЕЛЬЕВ, М. Б. ЧЕЛЬЦОВ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
И ПУТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

XX съезд КПСС уделил большое внимание проблемам правильного размещения производительных сил СССР. В резолюции съезда говорится о том, что дальнейшее развитие производительных сил страны настоятельно требует вовлечения новых источников сырья, топлива, электроэнергии и, прежде всего, мобилизации огромных природных ресурсов восточных районов страны.

В этих районах сосредоточено 80% гидроэнергетических ресурсов, 75% всех запасов угля, 80% древесины, значительная часть железной руды, цветных и редких металлов, химического сырья и строительных материалов. Вовлечение в хозяйственный оборот огромных природных богатств Востока и Севера, создание на их базе высокоразвитой промышленности сыграют большую роль в решении основной экономической задачи СССР.

Одним из богатейших районов страны является Тюменская область, особенно ее западная часть, примыкающая к Уралу. Научно-исследовательские работы в этом районе, проводимые Уральским, Западно-Сибирским и Коми филиалами Академии наук СССР, направлены на изучение природных богатств и разработку гипотезы развития производительных сил. В общем комплексе научно-исследовательских работ важное значение имеют вопросы изучения энергетических ресурсов и перспектив развития энергетики, решением которых занимается коллектив лаборатории гидроэнергетики и общей энергетики Транспортно-энергетического института Западно-Сибирского филиала Академии наук СССР.

В Тюменской области сосредоточены крупные залежи бурого угля, месторождения природного газа, имеются значительные запасы торфа и гидроресурсов р. Оби и ее притоков. Рациональное использование этих энергетических источников позволит создать здесь мощную энергетическую базу, способную обеспечить не только ускоренное развитие народного хозяйства области, но и передать часть электрической энергии на Урал. Даже частичное решение электроснабжения Урала за счет создания энергетической базы в Тюменской области будет иметь большое народнохозяйственное значение.

Рассмотрим энергетические источники Тюменской области и возможности их использования.

Топливные ресурсы

Уголь. На западной окраине Тюменской области, в полосе, ограниченной с запада Уральскими горами, с востока р. Обью, между 62 и 64° с. ш. Северной экспедицией Уральского геологического управления разведан Северо-Сосьвинский бассейн бурого угля. За период с 1949 по 1955 гг. выявлено четыре месторождения с общими запасами по состоянию на 1/III 1956 г. 530,4 млн. т угля.

Тольинское месторождение расположено по правому склону долины р. Толья в 280 км по прямой на север от ст. Полуночное. Вскрытая мощность угленосной толщи достигает 120 м. Пласты угля местами выходят на дневную поверхность. В угленосной толще выделяется главный пласт мощностью 6—7 м в центральной части, к северу разделяющийся на два пласта с уменьшением мощности до 2,7—1,25 м. Другие пласты обладают небольшой мощностью.

Угли Тольинского месторождения испытывались на полукоксование, в результате чего установлена их высокая газогенерирующая способность.

Оторьинское месторождение находится в 5 км на восток от Тольинского. Угленосная толща имеет среднюю мощность 60—70 м, местами достигает 104 м. Выявлено 14 угольных пластов, общая мощность которых достигает 13,2 м (максимальная), снижаясь до 7 м. Угленосность в северо-западной и центральной частях месторождения определяется в 9—16 млн. т на 1 км². Среди пластов выделяется верхний, так называемый главный пласт, который имеет простирание по всему месторождению с мощностью от 1 до 10,75 м. Другие пласты приурочены к западной и южной частям месторождения и имеют очень непостоянную мощность. Кроме главного, рабочими пластами можно считать только семь.

Глубина залегания главного пласта в пределах месторождения изменяется от 0 до 225 м.

Усть-Маньинское месторождение расположено около поселка Усть-Манья, в 180 км от ст. Полуночное и в 210 км от г. Ивдель. Выявлен один пласт угля, рабочая мощность которого колеблется от 1,0 до 3,2 м и прослеживается не на всей площади месторождения, равной 5,7 км².

Угли характеризуются повышенной зольностью (от 13,7 до 38,3% на сухую массу) и сернистостью (от 2,6 до 8,2% на сухую массу).

Лопсинское месторождение находится в 23 км к северу от Усть-Маньинского. Угленосная толща колеблется от 7 до 52 м. Выявлено два пласта угля и несколько пропластков. Нижний пласт имеет простое строение, максимальная глубина залегания его 225 м. На всей территории месторождения нижний пласт имеет рабочую мощность, колеблющуюся от 1,2 до 6,4 м, рабочая мощность верхнего пласта наблюдается лишь местами (табл. 1).

Таблица 1
Запасы и качественная характеристика углей Северо-Сосьвинского бассейна
(по данным Уральского геологического управления)

Месторождения	Запасы по состоянию на 1/III 1956 г. в млн. т	В том числе		Содержание в углях (в %)						Калорийность углей на горючую массу ккал/кг
		по категории С ₁ млн. т	по категории С ₂ млн. т	W ^P	A ^P	V ^P	S ^P	C ^P	H ^P	
Тольинское	10,2	10,2	—	—	17,48	45,75	—	68,08	4,35	6104
Оторьинское	372,8	201,8	171,0	29,1	15,45	45,33	—	68,85	4,83	6444
Усть-Маньинское	13,4	—	13,4	—	30,9	47,9	—	66,7	4,8	6311
Лопсинское	134,0	—	134,0	—	18,95	45,78	—	68,28	4,78	6305
По бассейну	530,4	212,0	318,4	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: данных по „S^P“ не имеется.

Северо-Сосьвинский бассейн занимает выгодное географическое положение, находясь на относительно небольшом расстоянии от существующей железной дороги (ст. Полуночное).

Угли Северо-Сосьвинского бассейна имеют высокую влажность рабочей массы. Это обстоятельство осложняет транспортирование угля, так как зимой в условиях сурового климата неизбежно его смерзание. Кроме того, уголь этого бассейна имеет до 40% золы и влаги. Поэтому целесообразно сократить дальность перевозок до минимума и производить сжигание угля на месте добычи.

Исследования качественной характеристики углей показали, что они являются не только хорошим топливом для электростанций, но, обладая высокими газогенерирующими свойствами, представляют большую ценность и как химическое сырье. Для наиболее полного использования этих ценных качеств топлива целесообразно сжигать его по энерготехнологической схеме. Выявленные запасы бассейна, по нашим подсчетам, позволяют обеспечить работу трех энерготехнологических комбинатов электрической мощностью в 1 млн. квт каждый. Процесс переработки угля предполагается с пиролизом смолы. Продукцией энерготехнологического комбината будет электроэнергия, газ и легкие смолы.

Северососьвинские угли не сжигались по энерготехнологической схеме, поэтому в расчетах принята аналогия с данными сжигания подмосковных бурых углей. В качестве топлива взяты угли самого крупного из открытых месторождений — Оторьинского с калорийностью $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 3852$ ккал/кг. Исходя из того, что доля потенциального тепла сухой массы угля, переходящего в газ, составляет 19%, в смолу — 6%, и считая, что КПД технологической части процесса равен 90% [1], тепловой баланс 1 кг рабочей массы угля будет складываться из тепла: в газе в количестве 1032 ккал, в смоле — 326 ккал, на выработку электроэнергии — 2110 ккал и потерь тепла в технологической части — 385 ккал.

При условии повышения КПД энергетической части процесса за счет фактора комбинирования до 40% на 1 кг топлива можно выработать 0,98 квт-ч. Таким образом, для энерготехнологического комбината с выработкой 6,5 млрд. квт-ч при числе часов использования установленной мощности 6500 потребуется 6650 тыс. т и т. в год. При этом на комбинате будет дополнительно производиться ежегодно 1720 млн. нм^3 стандартного газа [2] и 216 тыс. т легких смол.

На основании методики лаборатории энерготехнологического использования топлива ЭНИИ на АН СССР и других материалов [2] был произведен расчет технико-экономических показателей ЭТЭС, в результате которого определена себестоимость электроэнергии в 5 коп./квт-ч, газа — 10,3 коп./ нм^3 ($Q = 4000$ ккал/ нм^3), смолы — 264 руб./т.

При сжигании северососьвинских углей на обычной конденсационной электростанции мощностью 1 млн. квт себестоимость электроэнергии определяется в 5,9 коп./квт-ч. Использование северососьвинских углей по энерготехнологической схеме по сравнению с производством того же количества продукции отдельным способом позволит обеспечить большой народнохозяйственный эффект, выражающийся в экономии капиталовложений на 71%, годовых издержек — на 39%, топлива — на 33%.

Природный газ. В годы пятой пятилетки на севере Тюменской области в районе поселка Березово было обнаружено месторождение природного газа.

Состав газа одной из скважин следующий: метана более 95%, кислорода — 0,4, азота — 3,1, высших углеводородов — 1,1, аргона — 0,03 и гелия — 0,02%.

Теплотворная способность березовского газа составляет около 8300 ккал/ нм^3 .

Запасы газа, по данным треста «Тюменьнефтегеология» от 13/VIII 1957 г., определялись в 12 млрд. м^3 , предположительные запасы месторождения оцениваются величиной порядка 30 млрд. м^3 .

Березовский природный газ характеризуется высокими качествами и как химическое сырье и как топливо, особенно для бытового потребления.

Директивами XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану предусмотрено подготовить к эксплуатации Березовское месторождение газа и приступить к строительству газопровода Березово—Свердловск для передачи газа на Урал. Этот же газопровод можно будет использовать для передачи на Урал части газа от северососьвинских энерготехнологических комбинатов.

Торф. На территории Тюменской области на 1 января 1956 г. было выявлено 737 торфяных месторождений с общим запасом торфа-сырца свыше 155 млрд. м^3 [3].

Основная масса торфяников сосредоточена в южной части области. На Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий национальные округа, занимающие около 90% всей площади области, приходится лишь 30% общих торфяных запасов. Такое размещение торфа следует признать весьма благоприятным. Наличие крупных торфяных массивов в южных, наиболее развитых районах области, где отсутствуют месторождения каменного угля, нефти и других высококалорийных видов топлива, создает реальные предпосылки для промышленного использования торфа в крупных масштабах.

В промышленности торф находит широкое применение как топливо для электростанций, заводов и фабрик. В 1955 г. только на электростанциях Министерства электростанций СССР, работающих на торфе, было получено около 8% всей выработанной электроэнергии. На торфе работает несколько крупных электростанций под Москвой и Ленинградом и подавляющее большинство тепловых электростанций Белорусской, Брянской, Ивановской, Калининской, Кировской, Литовской и Ярославской энергетических систем.

Однако в Тюменской области огромные запасы торфа в настоящее время практически не используются, хотя их качество отвечает требованиям, предъявляемым к торфяному топливу.

На площади, ограниченной реками Конда, Иртыш, Ишим и границами Курганской и Свердловской областей, находится более 20 крупных торфяных месторождений с общим запасом торфа-сырца более 30 млрд. м^3 . Такого запаса достаточно для работы ряда электростанций с суммарной мощностью порядка 5—2,5 млн. квт в течение 25—50 лет.

Использование торфа двух наиболее крупных месторождений — Тюманского и Лайминского, расположенных в Тобольском и Уватском районах и частично в Ханты-Мансийском национальном округе, позволит обеспечить полувековую работу электростанции мощностью в 1 млн. квт. Отдельные месторождения области способны обеспечить торфом непрерывную работу электростанций мощностью 400—600 тыс. квт.

Однако о сооружении электростанций такой мощности при существующей сезонной разработке торфяных массивов, продолжающейся с конца мая — начала июня до второй половины августа, говорить преждевременно. Чтобы за этот период создать годовой запас топлива для электростанции мощностью 100 тыс. кВт, необходимо, как показывают расчеты, подвергнуть фрезерованию площадь примерно в 2 тыс. га, для чего, естественно, потребуется большое число машин и соответствующие капиталовложения. Поэтому на ближайшую перспективу мощность отдельной торфяной электростанции, видимо, следует ограничить до 300 тыс. кВт. В дальнейшем, с переходом на круглогодичную разработку месторождений, с повышением производительности существующего оборудования торфяных предприятий, с созданием качественно новых торфодобывающих машин и с совершенствованием методов сжигания торфа можно будет приступить к сооружению торфяных электростанций значительно большей мощности.

Промышленное освоение торфяных массивов области предполагает начать с коренной реконструкции и значительного расширения торфопредприятия «Боровое» и строительства нового предприятия на Тарманском месторождении, расположенном вблизи областного центра. Фрезерный торф этих массивов будет служить топливом для строящейся Тюменской теплоэлектростанции.

В настоящее время потребность южных районов в минеральном топливе покрывается, главным образом, дальнепривозными и дорогостоящими углями Кузнецкого бассейна. В связи со значительным увеличением в шестой пятилетке добычи угля в Экибастузском месторождении Казахской ССР возникает реальная возможность перевода топливного снабжения Тюменской области на угли этого бассейна. Правда, экибастузские угли имеют несколько меньшую калорийность, но себестоимость тонны угля этого месторождения, благодаря разработке угольных пластов открытым способом, в три раза ниже, чем в Кузнецком бассейне.

Таким образом, развитие энергетической базы южных районов Тюменской области может основываться на дорогостоящих кузнецких углях, менее дорогих углях Экибастузского бассейна и на местном торфе. Поэтому, решая вопрос о целесообразности строительства в южных районах области торфяных электростанций, необходимо, прежде всего, произвести сравнение технико-экономических показателей подобных электростанций и электростанций, потребляющих дальнепривозные угли.

С этой целью были определены удельные капиталовложения и себестоимость электрической энергии угольных и торфяных электростанций различной мощности (50—500 тыс. кВт). Принятые при этом калорийность и себестоимость исследуемых видов топлива приведены в табл. 2.

Таблица 2

Калорийность и себестоимость сравниваемых видов топлива

Показатели	Кузнецкий уголь	Экибастузский уголь	Фрезерный торф
Калорийность на рабочую массу (ккал/кг) . . .	6500	4200	2030
Себестоимость добычи (руб./т у. т.)	68	32	73
Себестоимость франко — электростанция, руб./т у. т.)	116	102	95

Проведенные исследования позволили установить, что при условии строительства электростанции вблизи торфяного месторождения себестоимость электрической энергии торфяных электростанций мощностью 50—500 тыс. кВт изменяется в пределах 12,59—8,43 коп./кВт-ч. Одно-электрической энергии торфяной электростанции будет на 2—3% ниже мощности, работающей на кузбасских углях, и на 4—5% выше себестоимости электрической энергии, полученной на электростанции, потребляющей экибастузские угли. При этом надо отметить, что сооружение торфяной электростанции обходится на 8—9% дороже, чем строительство угольной электростанции равной мощности.

Для более полного изучения целесообразности создания электрических станций, работающих на торфе или углях двух рассматриваемых бассейнов, было проведено сравнение по затратам на строительство электростанции того или иного типа и по капиталовложениям, необходимым для развития соответствующей топливной базы. Такое сравнение, выполненное в качестве примера, для электростанции мощностью 100 тыс. кВт, с годовой выработкой 600 млн. кВт-ч (табл. 3), позволило установить, что суммарные капиталовложения в случае работы электростанции на кузнецких или экибастузских углях получаются примерно равными, а при строительстве электростанции на торфе увеличиваются на 60%.

Таблица 3

Капитальные вложения при строительстве электростанции в 100 тыс. кВт, потребляющей различные виды топлива

Топливо	Удельный расход в условном топливе (кг у. т. кВт-ч)	Годовой расход топлива		Капиталовложения на 1 т годовой добычи (руб.)	Капиталовложения в топливную базу (млн. руб.)	Капиталовложения в электростанцию (млн. руб.)	Общие капиталовложения (млн. руб.)
		условное топливо (тыс. т)	натуральное топливо (тыс. т)				
Экибастузский уголь	0,446	268	446	144	64,2	170,5	234,7
Кузнецкий уголь	0,446	268	288	220	63,4	170,5	233,9
Фрезерный торф	0,468	281	970	200	194,0	186,3	380,3

Однако, исходя из возможностей снижения капитальных затрат в торфопредприятии по мере совершенствования техники добычи торфа и методов его сжигания, а также частичной разгрузки железнодорожного транспорта от перевозок углей на большое расстояние, мы считаем целесообразным ориентировать развитие энергетики юго-западных районов Тюменской области на широкое использование местного торфа.

Строительство электростанций, работающих на торфе, может значительно облегчить и ускорить электрификацию сельских районов. В связи с этим вполне своевременно ставить вопрос о разработке типовых проектов районных и межрайонных торфяных электростанций.

В колхозах, которые не могут быть обеспечены электрической энергией крупных электростанций из-за значительной удаленности от них, возможно строительство небольших, но экономичных локомотивных

электростанций, вырабатывающих не только электрическую, но и тепловую энергию, что значительно повышает коэффициент полезного действия локомотива.

Большие перспективы применения торфа Тюменской области в энергетических целях открываются в связи с возможностью его использования по энерготехнологической схеме и получения одновременно с электрической энергией высококачественного газа и легких смол. Энерготехнологическая электростанция мощностью 100 тыс. кВт обеспечит бытовое и промышленное газоснабжение г. Тюмени и позволит получать электрическую энергию стоимостью примерно на 15% ниже, чем стоимость электроэнергии обычной торфяной электростанции.

Таким образом, на юго-западе Тюменской области возможно создание собственной топливной базы путем вовлечения в народнохозяйственный оборот торфяного богатства области.

Гидроэнергетические ресурсы

На большей части территории Тюменской области наблюдается превышение осадков над испарением (400—500 мм против 225 мм), что обуславливает наличие большого числа водотоков. Всего здесь насчитывается до 4000 больших и малых рек, значительная часть которых относится к бассейну р. Оби. Водосборный бассейн этой реки охватывает в пределах Тюменской области площадь около 1 млн. км², с которой ежегодно поступает до 160 км³ воды. Все реки Тюменской области сбрасывают в Карское море около 480 км³ в средний по водности год.

Таблица 4

Водность основных рек Тюменской области и зарегулированность их стока в годовом и многолетнем разрезах [4]

Р е к и	Водосборная площадь, тыс. км ²	Средний многолетний сток, км ³	Коэффициент базисного стока	Коэффициент вариации многолетнего стока
Обь	2450*	395,0	0,65	0,170
Иртыш	1148*	95,0	—	0,210
Газ	(108**)	(47,0)	—	—
Северная Сосьва	89,7	30,0	0,70	0,292
Пур	67,0	29,0	0,64	(0,136)
Тобол	394,6	25,0	0,60	0,380
Тавда (у г. Тавда)	82,7	15,5	0,60	—
Конда	65,3	12,2	0,90	0,365
Тура (у г. Тюмень)	55,2	6,0	0,55	0,400

Примечание: * Без внутренних бессточных площадей, составляющих 445 тыс. км². ** В скобках — предположительные данные.

Хорошая зарегулированность стока большинства рек объясняется сильной заболоченностью, озерностью и залесенностью их бассейнов.

По виду гидрографа почти все реки относятся к западно-сибирскому типу, характеризующемуся одной паводочной волной, растянутой на все лето.

Равнинность территории области, ее крайне незначительное падение на север обуславливают очень небольшие уклоны рек. Средний уклон Оби в нижнем течении равен 0,000016.

Малые уклоны даже при значительном стоке определяют относительно небольшую величину гидроэнергетического потенциала рек. При

полном гидроэнергетическом освоении рек Тюменской области общая мощность гидроэлектростанций составит около 8—9 млн. кВт. Однако использование гидроэнергетических ресурсов связано с определенными трудностями, возникающими из-за очень ограниченного числа удобных для гидротехнического строительства створов (что объясняется весьма своеобразным строением речных долин, которые сравнительно слабо врезаны в глубину, но широки за счет интенсивного размыва берегов) и из-за огромных площадей затоплений, образующихся при создании больших концентраций напора. Так, по данным Тюменской областной конторы «Главсельэлектро», промышленная (возможная к использованию) мощность 270 рек области, в том числе таких, как Тобол, Тавда, Тура, Исеть, и других составляет 625 тыс. кВт.

Наибольший интерес в энергетическом отношении представляет Обь — одна из крупнейших рек СССР, по водоносности занимающая третье место после Енисея и Лены.

Гидроэнергетиками была проведена большая работа по выбору наиболее выгодного варианта использования Оби в ее нижнем и среднем течении. Им намечен ряд возможных створов, в том числе Салехардский, Нарыкарский, Андриинский, Белогорьевский и другие. Все это типичные обские створы — широкие и сложенные мягкими грунтами.

Наиболее удобный из них Салехардский створ имеет относительно небольшую ширину, расположен в несколько более развитом и населенном районе, чем другие створы, и уже сейчас связан железнодорожной линией с промышленными центрами Европейской части СССР.

Эти преимущества позволили выдвинуть Салехардскую ГЭС первоочередной и основной на нижней Оби с мощностью, исчисляемой миллионами киловатт. Длина створа по гребню подпорных сооружений этого гидроузла равна 12,5 км, что в 4—5 раз меньше, чем длина подпорных сооружений гидроэлектростанций в Белогорьевском, Нарыкарском и других створах даже при меньшей их мощности. Но и при этом условии объем работ по возведению Салехардской ГЭС будет очень большим. Только земляных работ предстоит выполнить более 300 млн. м³.

При современной строительной технике создание такого гидроузла потребует огромных трудовых затрат и капиталовложений с изъятием их на длительное время из хозяйственного оборота страны.

Кроме того, сооружение мощной Салехардской ГЭС будет связано с образованием водохранилища, площадь зеркала которого составит 80000 км². Это приведет к большим затоплениям, которые нанесут значительный ущерб народному хозяйству области. Этот ущерб возрастает и вследствие подтоплений, появляющихся в больших масштабах в равнинных условиях. Особенно пострадают лесное, охотничье и сельское хозяйство. Затопление малоисследованной в геологическом отношении территории может привести к тому, что богатства, скрытые в недрах земли, окажутся неразведанными и неиспользованными. Увеличение периода ледостава на водохранилище вызовет сокращение навигационного периода на 12—15 дней, а постоянные сильные ветры приведут к возникновению штормов. Все это в значительной мере осложняет и ухудшает условия судоходства.

Следовательно, сооружение гигантских гидроузлов в низовьях Оби становится затруднительным и с народнохозяйственной точки зрения неэффективным. Тем более, что проблему создания энергетической базы области, а также электроснабжения Урала представляется возможным решить другими путями. Лишь в далекой перспективе можно будет

приступить к гидроэнергетическому освоению нижней Оби. Более целесообразным, видимо, будет последовательное строительство двух станций: Салехардской ГЭС (с меньшей отметкой НППГ) и Белогорьевской ГЭС с суммарной мощностью, близкой к мощности одной крупной Салехардской ГЭС. Выработка электрической энергии этими станциями остается без изменения.

Площадь затопляемых и подтапливаемых земель при этом будет значительно меньше по сравнению с вариантом сооружения одной Салехардской ГЭС. Однако и в этом случае гидроэнергетическому строительству должны предшествовать большие геологические работы и детальные проектные проработки по выбору окончательной схемы использования Оби и мощности гидроэлектростанций.

Выводы

1. Тюменская область располагает значительными запасами энергетических ресурсов.

Топливные ресурсы на западе представлены Северо-Сосьвинским бурогольным бассейном и Березовским месторождением природного газа, на юге — крупными залежами торфа.

Многоводные реки имеют относительно высокий гидроэнергетический потенциал, который составляет 8—9 млн. кВт.

Имеющиеся ресурсы обеспечивают создание и развитие мощной энергетической базы и формирование на ее основе промышленно-энергетических комплексов.

2. Развитие энергетики в юго-западной части области возможно базировать на использовании торфа. В этих районах себестоимость электрической энергии торфяных электростанций, при несколько больших капитальных затратах получается сопоставимой с показателями станций, работающих на дальнепривозных углях.

Электрические нагрузки Тюменского промышленного узла в ближайшие 10 лет достигнут сотен тыс. кВт. Следовательно, покрытие перспективных нагрузок можно осуществить за счет строительства обычных тепловых электростанций или энерготехнологических комбинатов — станций, работающих на местном торфе, без привлечения высококачественного привозного топлива.

3. Благоприятные условия для развития мощной энергетики имеются в северо-западных районах области, где залегают северососьвинские бурые угли. Имея в виду высокие качества этих углей не только как топлива, но и как химического сырья, весьма целесообразно использовать их по энерготехнологической схеме.

Сооружение нескольких энерготехнологических комбинатов с электрической мощностью каждого из них в 1 млн. кВт позволит обеспечить электрической энергией развитие лесоперерабатывающей, химической и других отраслей промышленности в данном районе и передать ежегодно до 10—15 млрд. кВт-ч на Урал.

Улучшению энергетического баланса Урала будет способствовать передача в район Свердловска природного газа Березовского месторождения и искусственного газа, полученного на энерготехнологических комбинатах. Часть того и другого газа будет использоваться на месте для промышленных и бытовых нужд.

4. Энергетику Заполярных районов области представляется возможным развивать за счет строительства тепловых электростанций, работающих на отходах добычи и обогащения углей Печорского бассейна. Этому способствуют близкое расположение бассейна и наличие железной дороги.

В более далекой перспективе можно будет использовать гидро-ресурсы.

5. Гидроэнергетическое освоение рек Тюменской области представляет определенные трудности из-за ограниченного числа удобных створов и больших затоплений и подтоплений в равнинных условиях.

С целью наиболее полного использования гидроэнергии рек и возможно меньшего ущерба следует рассмотреть вопрос о сооружении на них каскадов низконапорных гидроэлектростанций.

В низовьях Оби, видимо, целесообразно будет строительство двух ГЭС (Салехардской и Белогорьевской), вместо одной. Окончательное суждение по этому вопросу может быть сделано на основании детальных проектных проработок.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
10/V 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. З. Ф. Чуханов, Л. Н. Хитрин, Энерготехнологическое использование топлива. Изд-во АН СССР, 1956.
2. В. А. Куценов, Е. О. Штейнгауз, Вопросы технико-экономического проектирования крупных гидростанций в энергосистемах. Госэнергоиздат, 1953.
3. Торфяной фонд РСФСР (Сибирь, Дальний Восток). Главторфиздат, РСФСР, 1956.
4. Гидрологический ежегодник. Бассейн Карского моря (западная часть). Гидрометеоздат, 1937—1954.

Г. А. РАСПОПИН

ОБ УЧЕТЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ВЯЗКОСТИ
ПРИ РАСЧЕТЕ РУСЕЛ ПОВЫШЕННОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ

Непрерывное гашение энергии в быстротоках путем придания им дополнительной шероховатости имеет большие преимущества: позволяет во много раз уменьшать кинетическую энергию потока при сходе его с быстротока, устранять быстротоки с большими уклонами дна, сохраняя при этом значения скоростей в пределах, допустимых на размыв, и уменьшать общую длину быстротока.

Кроме того, изучение сопротивлений в руслах с повышенной шероховатостью имеет большой теоретический интерес, так как мы можем точно измерить высоту выступов шероховатости, их относительное расположение, определить форму выступов и т. д. Применяя шероховатости самых различных форм и размеров и изменяя другие условия, мы можем исследовать влияние самых разнообразных факторов на поток и тем самым еще лучше изучить режим скоростей, давлений и сопротивлений движению потока с изменением гидравлических элементов. Так, например, опытные данные Дениля, Ф. И. Пикалова [1], П. И. Гордиенко [2] и др. показывают, что для русел с искусственной шероховатостью существуют другие закономерности изменения коэффициента Шези, чем для обычных русел.

* * *

Процессы, происходящие в турбулентном потоке, настолько сложны и многообразны, что точное их отображение математическими формулами не всегда представляется возможным. И действительно, каждый турбулентный поток характеризуется тем, что в нем отдельные частицы жидкости двигаются по очень сложным траекториям. В таком потоке происходит непрерывное перемешивание и соударение отдельных струек, возникновение и затухание вихревых движений. В каждой точке потока скорость с течением времени непрерывно изменяется, отклоняясь то в одну, то в другую сторону от осредненной. С увеличением скорости движения все эти процессы усиливаются, возрастают по своей величине пульсации скорости, а следовательно и виртуальная (турбулентная) вязкость. Поток, благодаря усиленному перемешиванию, становится как бы более монолитным. Особенно это относится к руслам с повышенной шероховатостью, где отдельные частицы жидкости, двигаясь с большой скоростью, ударяются о выступы, отражаются от них и, смешиваясь с остальной массой потока, увеличивают ее турбулентность. А это, в конечном счете, ведет к увеличению сопротивлений и потерь энергии потока.

Возьмем, например, данные Ф. А. Шевелева [3], который приводит значения коэффициентов сопротивления λ с изменением числа Рейнольдса для труб с различной шероховатостью.

Из этих данных видно, что до $Re = 82,2 \cdot 10^3$ постепенно увели-

Таблица 1

Значение λ для трубы $d=52$ мм с приданной ей песчаной шероховатостью крупностью $\Delta=1$ мм

№ опыта	1	4	6	8	10	12	16	20	22	25	30	40
V	0,340	0,476	0,626	0,768	0,938	1,13	1,24	1,50	1,59	1,74	1,98	3,04
$\lambda \cdot 10^2$	4,39	4,49	4,68	4,95	4,87	4,93	4,94	4,98	4,99	4,97	4,99	5,0
Re (тыс.)	17,2	24,3	32,3	43,6	50	64,3	66,4	82,2	87,1	93,2	105	152

чивается. Это значит, что потери на трение увеличиваются быстрее, чем квадрат средней скорости. Многие исследователи считают эту зону переходной и утверждают, что здесь на величину сопротивления оказывает влияние вязкость жидкости. Такое утверждение является глубоко ошибочным. Чтобы вязкость при высоте выступов шероховатости $\Delta=1$ мм оказывала какое-либо влияние на сопротивление, толщина «ламинарной пленки» в этом случае должна быть не менее 0,5 мм. Тогда как при средней скорости $V=1,5$ м/сек, динамическая скорость:

$$v_x = V \sqrt{\frac{\lambda}{8}} = 150 \sqrt{\frac{0,05}{8}} = 11,8 \text{ см/сек.}$$

$$\delta = \frac{9\nu}{v_x} = \frac{9 \cdot 0,0101}{11,8} = 0,007 \text{ см} = 0,07 \text{ мм}$$

Здесь: v_x — динамическая скорость,
 δ — толщина «ламинарной пленки»,
 ν — кинематический коэффициент вязкости.

Даже при $Re = 33,3 \cdot 10^3$, когда увеличение λ еще значительно, толщина «ламинарной пленки», вычисленная по вышеприведенным зависимостям, составляет всего 0,19 мм. Конечно, при такой толщине «ламинарной пленки» не приходится говорить о ее влиянии на сопротивление. Кроме того, гидравлически гладкие трубы характеризуются уменьшением λ с увеличением числа Рейнольдса. Следовательно, увеличение коэффициента сопротивления λ для русел с повышенной шероховатостью нельзя объяснить ни влиянием вязкости, ни тем, что бугорки шероховатости все более и более выступают из «ламинарной пленки», так как толщина ее вообще мала по сравнению с высотой выступов шероховатости. Видимо, надо сделать вывод, что в руслах с повышенной шероховатостью вообще не образуется ламинарного подслоя.

В других случаях динамику ламинарного подслоя можно представить следующим образом. Вследствие пульсации скоростей, особенно заметной у дна, ламинарный подслон будет иметь переменную толщину, и поэтому при увеличении скоростей он будет нарушаться то в одном, то в другом месте. Турбулентное ядро потока при этом будет непосредственно ударяться о выступы шероховатости, и чем больше число Рейнольдса, тем больше участков, не прикрытых ламинарным подслоем, тем больше сопротивление и тем сильнее увеличение скорости влияет на величину сопротивлений. Только этим можно объяснить очень сложную картину изменения λ в пределах переходной зоны, а также тот факт, что шероховатость начинает оказывать влияние на коэффициент сопротивления при

$$\frac{v_{x \cdot \delta}}{v} = 4,$$

тогда как толщина «ламинарной пленки», определяемая из соотношения

$$\frac{v_{x \cdot \delta}}{v} = 9,$$

более чем в два раза превышает высоту выступов шероховатости.

Термин «ламинарный» здесь применяется условно, так как в любом турбулентном потоке нет устойчивого параллельно-струйного движения даже в непосредственной близости от стенок.

Совершенно очевидно, что расчетные формулы должны отражать механику турбулентного потока. Ниже дается краткое изложение предложенного нами способа учета изменения виртуальной вязкости с изменением абсолютного значения средней скорости.

В уравнении движения плоского турбулентного потока:

$$\gamma h i_0 \left(1 - \frac{y}{h}\right) = \mu \frac{du}{dy} + \rho \overline{u'v'} \quad (1)$$

где h — глубина потока,
 μ — динамический коэффициент вязкости;
 u — осредненная местная скорость,
 ρ — плотность жидкости,
 u' и v' — компоненты пульсационной скорости,

член $\overline{u'v'}$, обуславливающий турбулентное перемешивание и виртуальную вязкость, является наиболее сложным, и выражение его через другие гидравлические элементы представляет одну из труднейших задач.

На основании теории о переносе количества движения Прантль установил зависимость:

$$\overline{u'v'} = l^2 \left(\frac{du}{dy}\right)^2 \quad (2)$$

которую можно получить также методом размерностей. Из формулы (2) следует, что произведение $\overline{u'v'}$ зависит от градиента скорости и совершенно не зависит от абсолютного значения скорости.

В то же время опыты М. А. Великанова и Е. М. Минского [4—5], показывают, что среднеквадратичные значения пульсационных составляющих:

$$\sqrt{\overline{u'^2}} \quad \text{и} \quad \sqrt{\overline{v'^2}}$$

при $Re > 300 \cdot 10^3$ пропорциональны средней скорости потока. Из выражения коэффициента корреляции:

$$K = \frac{\overline{u'v'}}{\sqrt{\overline{u'^2}} \sqrt{\overline{v'^2}}} \quad (3)$$

получаем

$$\overline{u'v'} = K \sqrt{\overline{u'^2}} \sqrt{\overline{v'^2}} \quad (4)$$

При числе Рейнольдса $Re > 150 \cdot 10^3$ коэффициент корреляции стремится к постоянной величине. Следовательно, при больших числах Рейнольдса осредненное произведение $\overline{u'v'}$ изменяется прямо пропорционально квадрату средней скорости.

При малых значениях Re , видимо, некоторое влияние на произведение $\overline{u'v'}$, как это установлено на основании теории переноса количества движения, оказывает градиент скорости, а поэтому здесь наблюдается отклонение от прямой пропорции между этим произведением и квадратом скорости. Величину $\overline{u'v'}$ мы можем связать с градиентом скорости формулой:

$$\overline{u'v'} = \epsilon \frac{du}{dy},$$

тогда уравнение (1) переписывается так:

$$\gamma h i_0 \left(1 - \frac{y}{h}\right) = (\mu + \epsilon) \frac{du}{dy} \quad (5)$$

где: ϵ — коэффициент виртуальной вязкости, который согласно предыдущему должен зависеть как от градиента скорости, так и от абсолютного ее значения. Но эту формально верную зависимость трудно использовать, так как мы совершенно не знаем функциональной зависимости ϵ от других гидравлических элементов. Поэтому в дальнейшем исходим из уравнения (1).

Чтобы найти хотя бы приближенную зависимость $\overline{u'v'}$ от y , обратимся к градиенту скорости и от абсолютного значения средней скорости, мы представляем его пропорциональным двум слагаемым:

$$\left[l^2 \left(\frac{du}{dy}\right)^2 + aV^2\right], \quad (6)$$

где l и a — коэффициент пропорциональности.

Чтобы найти хотя бы приближенную зависимость $\overline{u'v'}$ от y , обратимся к опытным данным, приведенным у Е. М. Минского [5].

На основании этих опытов имеем:

1. На поверхности потока коэффициент корреляции равен нулю, следовательно, при $y=h$, на основании равенства (4), получаем $\overline{u'v'} = 0$.

2. Среднеквадратичное значение вертикальной составляющей пульсационной скорости $\sqrt{\overline{v'^2}}$ остается приблизительно постоянным для всей толщи потока, кроме слоя, непосредственно примыкающего ко дну.

3. Значение $\sqrt{\overline{u'^2}}$ убывает почти по закону прямой по направлению от дна к свободной поверхности.

Значит, на основании (4) мы можем написать:

$$\overline{u'v'} \sim \left(1 - \frac{y}{h}\right). \quad (7)$$

Учитывая (6) и (7), окончательно имеем

$$\overline{u'v'} = \left[l^2 \left(\frac{du}{dy}\right)^2 + aV^2\right] \left(1 - \frac{y}{h}\right). \quad (8)$$

Действительно, равенство (8) удовлетворяет всем вышеуказанным условиям. При малых скоростях значение $\overline{u'v'}$ в основном зависит от значений градиентов скорости, при больших скоростях основное влияние на произведение оказывает значение средней скорости. Далее, на поверхности $\overline{u'v'} = 0$. С учетом (8) уравнение (1) запишем в виде:

$$\gamma i_0 h \left(1 - \frac{y}{h}\right) = \mu \frac{du}{dy} + \rho \left[l^2 \left(\frac{du}{dy}\right)^2 + aV^2\right] \left(1 - \frac{y}{h}\right).$$

Или, пренебрегая вязкостью, что вполне закономерно для бурных потоков в руслах с повышенной шероховатостью, получим:

$$du = \frac{\sqrt{ghi_0 - aV^2}}{l} dy, \quad (9)$$

где l — длина пути перемешивания, которую примем равной $l = xy$,
 x — «универсальная постоянная»,
 y — расстояние от дна потока.

Интегрируя уравнение (9), получаем

$$u = \frac{\sqrt{ghi_0 - aV}}{x} \ln y + C_1, \quad (10)$$

где C_1 — постоянная интегрирования.

Для определения средней скорости потока пользуемся равенством:

$$V = \frac{\int_{\Delta}^h u dy}{h}, \quad (11)$$

где h — глубина потока,
 Δ — высота выступов шероховатости.

В результате получаем:

$$V = \frac{2,3 \sqrt{ghi_0 - aV}}{x} \left(\lg \frac{h}{\Delta} + B \right) + C_1, \quad (12)$$

где $B = \frac{\left(1 - \frac{\Delta}{h}\right) (\ln \Delta - 1)}{2,3}$ — величина, зависящая от пределов интегрирования.

На основании равенства (12) для плоского потока имеем

$$C = \frac{V}{\sqrt{hi_0}} = \frac{2,3}{x} \sqrt{g - \frac{aV^2}{hi_0}} \left(\lg \frac{h}{\Delta} + B \right) + \frac{C_1}{\sqrt{hi_0}} \quad (13)$$

или

$$C = A \sqrt{1 - \frac{a}{g} C^2} \left(\lg \frac{h}{\Delta} + B \right) + \frac{C_1}{\sqrt{hi_0}}. \quad (14)$$

Основное отличие формулы (14) от подобных ей формул логарифмического типа заключается в том, что первый член формулы умножается на корень, который меньше единицы и уменьшается с увеличением $\frac{h}{\Delta}$, что ведет к замедлению темпа роста коэффициента Шези с увеличением значения $\frac{h}{\Delta}$.

Кратко остановимся на значениях членов формулы (14).

а) Первый множитель — $A = \frac{2,3 \sqrt{g}}{x}$

при $x = 0,40$ $A = 18$. Этот коэффициент не зависит ни от размеров потока, ни от шероховатости.

б) B — член, имеющий очень сложную зависимость от Δ и h . Однако, как показывают опытные данные, его можно принять за постоянную величину.

в) a — коэффициент пропорциональности, отражающий влияние абсолютного значения скорости на турбулентное перемешивание и вир-

туальную вязкость. Значения a зависят от типа шероховатости, планового ее размещения и коэффициента корреляции K . При $a = 0$ формула (14) приобретает такой вид:

$$C = A \left(\lg \frac{h}{\Delta} + B \right) + \frac{C_1}{\sqrt{hi_0}}. \quad (15)$$

В этом случае она сходна с другими формулами логарифмического типа.

г) C_1 — граничная скорость, зависящая от высоты выступов шероховатости, их формы, а иногда и от уклона. Значение C_1 определяем из опыта, так как, вообще говоря, мы не можем проинтегрировать уравнение (1) от 0 до h , ввиду неприменимости его при $y = 0$ из-за пренебрежения силами вязкости.

В заключение сделаем сравнение полученной формулы с другими формулами и опытными данными. В лаборатории Новосибирского инженерно-строительного института была испытана шероховатость в виде поперечных брусков прямоугольного и трапецидального сечения, устанавливаемых на дне лотка. На основании этих опытов были определены значения коэффициентов a , B и C_1 формулы (14) для испытанных типов шероховатости. Так, для шероховатости в виде прямоугольных брусков, расположенных на расстоянии $L = 10\Delta$ друг от друга, формула (14) принимает вид:

$$C = 18 \sqrt{1 - 0,0015C^2} \left(\lg \frac{h}{\Delta} + 0,5 \right) + \frac{6}{\sqrt{\frac{h}{\Delta}}}. \quad (16)$$

Эту формулу рекомендуется применять при $i_0 \leq 0,12$ (неаэрированные потоки) и $3 \leq \frac{h}{\Delta} \leq 10$. Для уклонов $i_0 > 0,12$ значения коэффициентов будут несколько иными. Формула (16) неприменима при $\frac{h}{\Delta} < 3$, ввиду того, что в этом случае движение потока будет совершенно иным, а именно: в виде отдельных перепадов. При $\frac{h}{\Delta} > 10$ формула (16) не рекомендуется вследствие того, что не имеется для этих соотношений экспериментальных данных. Хотя принципиально ее можно применять для любых значений $\frac{h}{\Delta} > 3$. Нами также были получены расчетные формулы для других конкретных режимов и типов шероховатости. В данной работе мы не ставим задачи анализа всех полученных формул, так как они по своей структуре подобны формуле (16).

На рис. 1 нанесены опытные данные значений коэффициентов C при самых различных гидравлических элементах потоков. Здесь же сплошной линией нанесена кривая $C = f\left(\frac{h}{\Delta}\right)$, построенная по формуле (16). Как видно, на всем протяжении от $\frac{h}{\Delta} = 3$ до $\frac{h}{\Delta} = 10$ наблюдается хорошее совпадение опытных данных с формулой. Кроме того, на этом же графике нанесены кривые $C = f\left(\frac{h}{\Delta}\right)$, построенные по формулам Ф. И. Пикалова, Р. Поуэлла и П. И. Гордиенко. Как ясно видно из графика, по нашей формуле получается наилучшее совпадение кривой с опытными данными. Максимальные расхождения значений коэффициентов, полученных из экспериментов и по формуле (16), не превышают 5—7%, т. е. не выходят за пределы точности опытов.

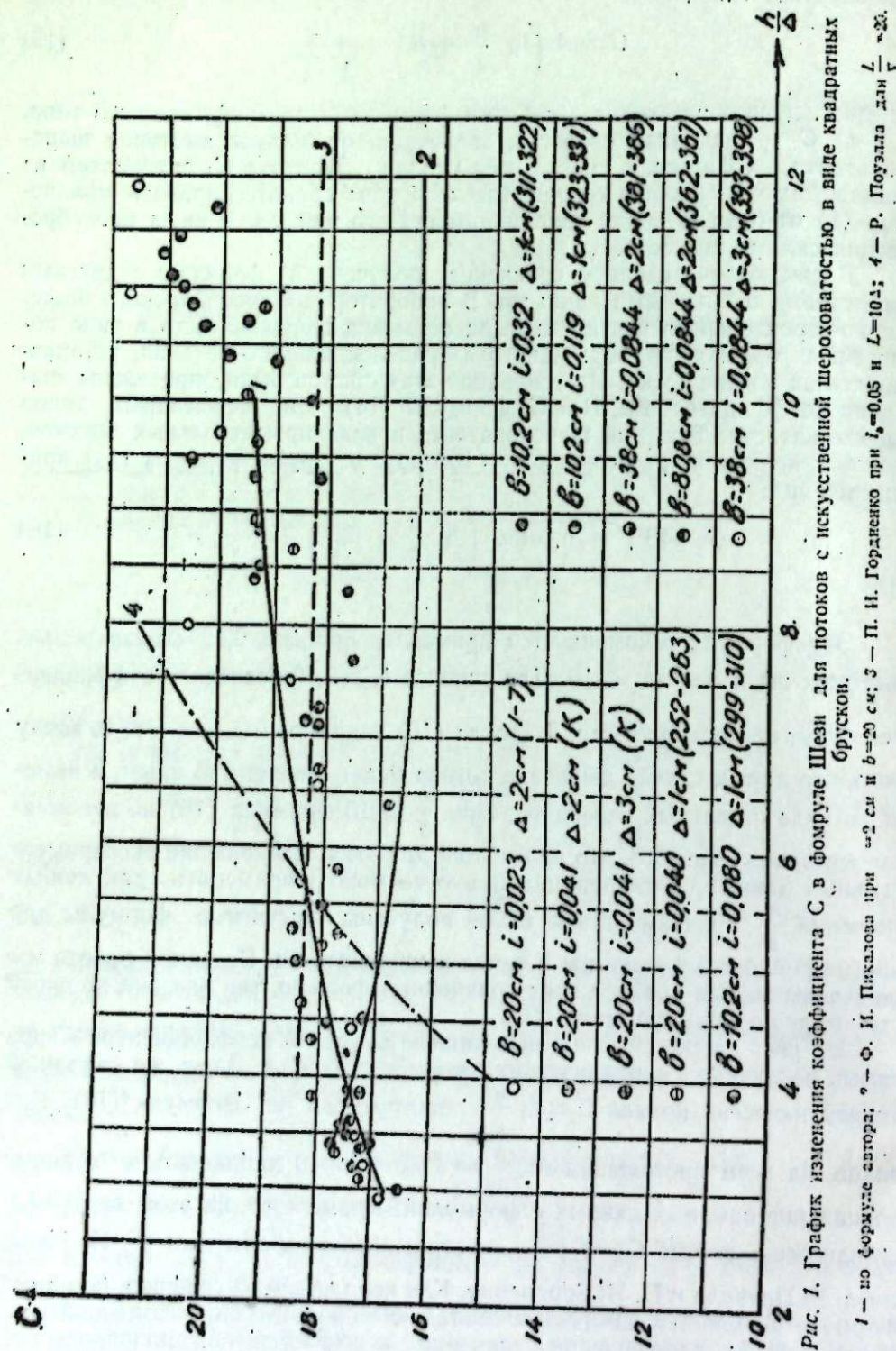


Рис. 1. График изменения коэффициента C в формуле Шези для потоков с искусственной шероховатостью в виде квадратных брусков.

1 — по формуле автора; 2 — Ф. И. Пикалова при $b=20$ см и $L=20$ см; 3 — П. И. Гордженко при $i_0=0,05$ и $L=10$; 4 — Р. Поуэлла для $L=20$.

Сравнение опытных данных Ф. И. Пикалова, полученных при ширине лотка $b = 30$ см и расстоянии между брусками $L = 8\Delta$ с формулой (16) приведены в табл. 2.

Таблица 2

$\frac{h}{\Delta}$	2,92	3,17	3,39	4,54	4,71	5,38
$K = \frac{1}{C_R}$	0,0444	0,0147	0,0440	0,0426	0,0427	0,0402
C_R^* (оп)	22,5	22,4	22,7	23,7	23,4	24,9
C_h^{**} (оп)	18,7	19,0	19,0	20,0	19,8	20,8
C_h (ф)	16,8	17,0	17,1	17,8	17,85	18,15
% откл.	-8,6	-10,5	-10,0	-11,0	-9,8	-12,6

$$* C_R = \frac{V}{V R l_0};$$

$$** C_h = \frac{V}{h l_0}.$$

Как видно из табл. 2, расхождения одинакового знака для всех опытов и объясняются различием расстояний между ребрами шероховатости в этих опытах и опытах, на основании которых получены коэффициенты для формулы (16).

Р. Поуэлл [6] проводил опыты в прямоугольных лотках с шероховатостью в виде квадратных брусков высотой $\frac{1}{4}$ " и $\frac{1}{8}$ ", расположенных по дну и бортам на расстоянии $L = 20\Delta$ друг от друга. Естественно, что значения C в его опытах гораздо больше, чем в наших опытах, но структура формулы (14) при замене в ней глубины на гидравлический радиус оказалась применимой и в этих случаях при значении $a = 0,0004$, т. е.

$$C = 18 \sqrt{1 - 0,0004 C^2} \left(\lg \frac{R}{\Delta} + 0,5 \right) + \frac{6}{\sqrt{\frac{R}{\Delta}}}. \quad (17)$$

В табл. 3 дано сравнение опытных данных Р. Поуэлла с нашей формулой (17) и формулой Р. Поуэлла, которая для метровых мер имеет вид:

$$C = 1,51 + 22,1 \lg \frac{R}{\Delta}. \quad (18)$$

Как видно из табл. 3, наша формула дает более близкие результаты к опытным данным, чем формула Р. Поуэлла.

Отсюда делаем вывод о пригодности выведенной нами структуры формулы для русел с шероховатостью по всему смоченному периметру, с заменой глубины на гидравлический радиус.

Все это позволяет сделать вывод, что наши теоретические предположения о зависимости произведения $u'v'$ и коэффициента виртуальной вязкости — от абсолютного значения скорости оказались правильными.

Таблица 3

№ опыта	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	11-1	11-2
R/Δ	4,80	5,85	6,63	7,75	7,90	8,34	10,1
C из опытов	20,8	22,7	24,0	24,9	25,6	23,2	25,6
C по (18)	16,5	18,6	19,6	20,7	21,2	21,8	23,7
Расхождения в %	-20,5	-18,2	-18,2	-17,0	-17,0	-6,0	-7,5
C по (17)	22,0	22,8	23,3	24,0	24,2	24,4	25,2
Расхождения в %	+5,5	+0,5	-2,8	-3,5	-5,5	+5,2	-1,5

ми. А полученная структура формулы более точно отражает особенности потерь энергии и сопротивлений в турбулентном потоке при усиленной шероховатости стенок русла и уклонах дна больше критических.

Новосибирский инженерно-строительный институт им. В. В. Куйбышева

Поступила в редакцию
17/VII 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. И. Пикалов, Быстротоки с искусственной шероховатостью. Тр. Института гидротехники и мелиорации, том XIII, 1935.
2. П. И. Гордиенко, Научно-исследовательская конференция Московского инженерно-строительного института имени В. В. Куйбышева. Гидротехническое строительство, № 7, 1951.
3. Ф. А. Шевелев, Исследования основных гидравлических закономерностей турбулентного движения в трубах. Госстройиздат, 1953.
4. М. А. Великанов, Динамика русловых потоков. Гостехиздат, 1954.
5. Е. М. Мицкий, Турбулентность руслового потока. Гидрометеозидат, 1952.
6. Ralph W. Powell, Flow in channel of definite Roughness. Proceeding American Society of Civil Engineers. December, 1944.

Л. В. БАРДУНОВ
НОВЫЕ И РЕДКИЕ ВИДЫ
ВО ФЛОРЕ МХОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ*

Обширная территория Средней Сибири все еще остается бримологически мало исследованным районом Советского Союза. Лишь в последние годы у иркутских ботаников заметно возрос интерес к мхам, и в настоящее время Отдел биологии Восточно-Сибирского филиала АН СССР располагает уже довольно значительными коллекциями бриофитов из различных районов южной половины Средней Сибири. Наиболее богаты и интересны сборы с побережий озера Байкал, произведенные в основном М. Г. Поповым и его сотрудниками [1, 2]. В результате частичной обработки этих материалов и сборов автора, произведенных в 1956 г. на северо-восточном побережье Байкала, удалось выявить несколько интересных в географическом отношении видов и родов мхов, ранее на территории Средней Сибири не отмечавшихся или известных лишь по единичному местонахождению. Обработка производилась автором в бримологическом секторе Отдела споровых растений БИНа в Ленинграде под непосредственным руководством Л. И. Савич-Любичкой; большая часть определенных проверялась ею.

Psilopilum laevigatum (Wahlb.) Lindb. Впервые собран Г. А. Пешковой и Л. И. Малышевым (сотрудниками флористической экспедиции М. Г. Попова) в гольцах по р. Южный Амундакан на Баргузинском хребте в августе 1954 г. Определен Л. И. Малышевым как *Psilopilum cavifolium* (Wils.) Nag. В сентябре 1954 г. на Хамар-Дабане (хр. Комарский), в верхнем поясе леса, Малышевым же был собран *Psilopilum laevigatum*. В 1956 г. автором этот мох собран в гольцах противоположных берегов среднего течения Большой Речки. Во всех случаях *Psilopilum laevigatum* произрастал на хорошо увлажненных щелнистых или глинисто-крупнопесчаных, почти не задернованных субстратах, среди скал. В одном случае (левобережье Большой Речки) мох был с обильным спороношением; 11 сентября коробочки были зрелыми.

Psilopilum laevigatum — арктический мох, в СССР известен из Хибин, Полярного и Приполярного Урала, низовьев рек Оби и Енисея [3, 4]. Восточнее Енисея он не был отмечен. Южная граница вида, проходящая в Швеции, лежит под 67°25' северной широты. Наши местонахождения, таким образом, совершенно изолированы от основного ареала вида, находясь от него далеко к югу и к востоку. Например, Хамар-Дабанское местонахождение *Psilopilum laevigatum* расположено приблизительно под 51°30' сев. широты, то есть почти на шестнадцать градусов южнее самого южного — шведского; а баргузинские более, чем на десять градусов восточнее самого восточного — из низовий Енисея. Ареал *Psilopilum laevigatum*

* Под Средней Сибирью понимается территория, ограниченная с севера шестидесятым градусом северной широты, с юга — государственной границей СССР, с запада — рекой Енисей, а с востока — рекой Олекма. См. М. Г. Попов «Флора Средней Сибири», т. I, Изд. АН СССР, М.—Л., стр. 5, 1957 г.

тум обнаруживает довольно четкий аркто-альпийский характер. Вид этот может рассматриваться в горах южной Сибири, как реликт ледникового периода, мигрировавший к нам в плейстоцене с севера. Таких реликтов много в высокогорной флоре Средней Сибири и если при их перечислении не упоминаются мхи, то лишь по незнанию бриофлоры.

Vuxbaumia aphylla Hedw. была собрана автором и В. М. Каплиным в июле 1956 г. в среднем течении р. Большой Черемшаной, текущей с Баргузинского хребта на запад. Несколько ее стебельков с коробочками были вкраплены в дернинку *Drepanocladus uncinatus* (Hedw.) Warnst., к которой был примешан также *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske. Дернинка эта находилась в чуть вогнутом, лункообразном углублении прибрежного гранитного валуна, под дернинкой был слой песка илом. Непосредственное ценогическое окружение — редкий кедрово-пихтовый лес с обильным ярусом из кедрового стланика. Вдоль берега узкие ленты зарослей кустарниковой ольхи. *Vuxbaumia aphylla* была обнаружена лишь на одном камне. Тщательнейшие поиски ее в ближайших окрестностях оказались тщетными.

В СССР *Vuxbaumia aphylla* распространена в Европейской части и идет на восток до Западной Сибири. Самые восточные ее местонахождения здесь — нижнее течение Енисея и окрестности Томска [3, 5]. Кроме того, имеются два местонахождения *Vuxbaumia aphylla* на Дальнем Востоке к северу от Амура — возле южной части Охотского моря и на реке Алын. Наше местонахождение лежит почти посредине между двумя последними, с одной стороны, и Томским с другой, и изолировано от них. Значительные дизъюнкции ареала *Vuxbaumia aphylla* в Сибири до сих пор казались бы, свидетельствовать о ее реликтовом характере. Она встречается в горах, где имеются резкие перепады высот, где она скрыта от глаз человека) и спорадичности в распределении. Баргузинский остается незамеченным и, по-видимому, обычно пренебрегают и японской обстоятельство, а также бриологическая неспециализация. Восточные территории Средней Сибири дают право надеяться на существование последнего не этого мха здесь, которые могут серьезно изменить картину оледенения. следовательно, представления о его истории. Поэтому и северно-восточное ся пока от каких-либо исторических построений.

Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwaegr. По сообщению Ю. И. Мухоморова, этот мох впервые в Средней Сибири обнаружен в Байкальских горах Красноярска в 1876 г. шведским бриологом А. И. Мухоморовым. В июле 1954 г. в долине р. Чивыркуй (северо-восточное побережье Байкала) обнаружены его лишайники. Верхности камней у берега Байкала. На юго-восточном побережье — несомненно, обнаружены на юго-восточном побережье Байкала. Например, обнаруженный авто-бриологически наиболее полно после южной части Байкала — на Ушканьих камнях там же *Carex super-nici* леса — в бассейне Большой Речки на юго-восточном побережье Байкала (Южный склон). Всюду *Leucodon sciuroides* на поверхности камней (главным образом, гранитных) и в соединении с лишайниками и почти всегда лишеной какого-либо лишайникового слоя. Его типичное местообитание — в высокогорных лесах. И только на юго-восточном берегу Байкала он встречается в долине р. Чивыркуй. *Leucodon sciuroides* встречен был в камнях в долине р. Чивыркуй. Он был собран Л. И. Малышевым в долине р. Чивыркуй в долине р. Иркутта.

километре от берега, среди травы на берегу горячего ключа. По А. С. Лазаренко [13] и Р. Н. Шлякову [19] распространение вида следующее: Западная и Восточная Европа до Урала, Кавказ, Исландия, Северная Африка (Алжир), Алтай, Южная Камчатка и Северная Америка. Таким образом, ближайшим к нашему местонахождению вида является Алтай. Характер ареала *Fissidens adiantoides* дает право рассматривать и его, как доледниковый реликт. Возможно, что при дальнейшем изучении бриофлоры Средней Сибири этот вид будет собран также и в других местах. Вряд ли, однако, в этом случае можно будет отрицать его более южный и теплолюбивый характер.

Восточно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
10/X 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г. Попов, Флора Байкальской Сибири и ее происхождение. «Новая Сибирь», книга 33, Иркутск, 1955.
2. М. Г. Попов, *Ophioglossum vulgatum* L. на Байкале. Ботанический журнал, № 11, 1956.
3. Флора споровых растений СССР, т. III, 1954.
4. И. Д. Кильдюшевский, К флоре мхов Приполярного Урала. Тр. БИН АН СССР, сер. II. Споровые растения, вып. 11, 1956.
5. К. И. Ладыженская, *Vuxbaumiaceae* в СССР. Тр. БИН АН СССР, сер. II. Споровые растения, вып. 2, 1934.
6. А. А. Абрамова, И. И. Абрамов, *Vuxbaumia aphylla* Hedw. на Кавказе. Ботанический журнал, № 3, 1949.
7. А. С. Лазаренко, Определитель листовых мхов БССР. Минск, 1951.
8. А. С. Лазаренко, Неморальный элемент бриофлоры Советского Дальнего Востока. Советская ботаника, № 6, 1944.
9. Л. И. Савич, Несколько новых и интересных видов мхов для СССР. Труды БИНА АН СССР, сер. II. Споровые растения, вып. 4, 1938.
10. А. А. Абрамова, И. И. Абрамов, *Mnium immarginatum* (Lindb.) Broth. из Монголии. Ботанический журнал, № 1, 1956.
11. В. В. Ламакин, Ушканьи острова и проблема происхождения Байкала. Географиз, 1952.
12. Б. А. Федченко, Флора Азиатской России, вып. 4 и вып. 13, 1914.
13. А. С. Лазаренко, Лишайники и мхи Радянського Далекого Сходу. I, Верхплідні мхи. Ботанический журнал АН УРСР, № 3—4, 1940.
14. Р. Н. Шляков, Несколько интересных новинок для бриофлоры Южного Урала. Научно-методические записки. Изд. Главн. Упр. по заповедникам, вып. XII, 1949.
15. М. П. Слободян, Бриофлористичні новинки з свідівца (Східні Карпати). Ботанический журнал АН УРСР, № 2, 1950.
16. А. С. Лазаренко, К. О. Улична, Гукерія блискуча в східних Карпатах. Наукові записки Природознавчого музею Львівського філіалу АН УРСР, т. V, 1956.
17. Herzog T. H., Geographie der Moose. Jena, 1926.
18. В. В. Ламакин, Байкальский тип четвертичного оледенения. Изв. Всесоюзного Географического общества, т. 85, № 2, 1953.
19. Е. А. Селиванова-Городкова, Р. И. Шляков, Мхи района бывшего Башкирского заповедника. Тр. БИН АН СССР, сер. II. Споровые растения, вып. 11, 1956.

СССР *Tetradontium Brownianum* встречается изредка в Скандинавии, в горных областях Средней Европы, в Атлантической Европе, а также в Японии и в горных областях Северной Америки [3]. Наша находка является, таким образом, второй для всего огромного материка Азии (первая — в Японии), ближайшего местонахождения вида — Кавказ и Япония — отделены от нее многими тысячами километров.

По своей экологии это — горный, скальный вид, растущий обычно редкими группами на поверхности камней (эпилит).

Герцог (Herzog [17]) считал *Tetradontium Brownianum* исключительно европейско-атлантическим элементом, однако такое понимание ареала вида давно уже устарело. А. С. Лазаренко и К. О. Улична в уже упоминавшейся нами работе рассматривают его как древний, третичный тип в Карпатах.

Учитывая совершенную изолированность местонахождения вида на северо-восточном побережье Байкала, мы также должны считать *Tetradontium Brownianum* древним, несомненно доледниковым элементом в брйофлоре Средней Сибири. Конечно, и здесь, как и в случае с *Vuxbaumia aphylla* мы должны делать поправку на неисследованность территорий Сибири и на то, что *Tetradontium Brownianum* легко может быть пропущен при сборах. Однако, если исходить из того, каким ареал этого вида представляется сегодня, необходимо допустить большую древность (может быть, с середины третичного периода) вида в Средней Сибири. Несомненно, он был здесь уже тогда, когда рассматриваемая территория еще была покрыта пышными широколиственными лесами, а климат был гораздо мягче теперешнего.

Ледниковый период *Tetradontium Brownianum* должен был перенестись *in situ* непосредственно на Баргузинском хребте. В противном случае мы имели бы, очевидно, другие местонахождения (рефугиумы), где он мог бы перенести похолодание и мигрировать оттуда в Баргузинский хребет. Другие же местонахождения его между Кавказом и Японией неизвестны. Сохраниться же на Баргузинском хребте *Tetradontium Brownianum* мог, очевидно, в том лишь случае, если оледенение последнего не было сплошным, покровным даже в эпоху максимального оледенения. В. В. Ламакин [11, 18] полагает, что в указанное время северо-восточное побережье Байкала и Баргузинский хребет (северная его часть) были одеты мощным Северо-Баргузинским ледниковым покровом. Южнее мыса Понгонье развивались обширные ледниковые щиты, спускавшиеся в Байкал по долинам крупных рек. Южнее же р. Б. Черемшаной ледники уже не достигали Байкала.

Кроме указанных двух видов мхов на северо-восточном побережье найден еще ряд растений с большими дизъюнкциями ареалов — несомненные доледниковые реликты, перенесшие оледенение на месте их нынешнего произрастания. К ним относятся, например, обнаруженный автором на горячих ключах Большой Речки папоротник *Ophioglossum vulgatum* и *Viola Callina* и найденная П. И. Малышевым там же *Carex suproides*. Все три вида в Средней Сибири нигде более не обнаружены. Объяснить их нахождение на северо-восточном Байкале послеледниковыми миграциями не представляется возможным. Эти данные в соединении с брйологическими свидетельствами, по нашему мнению, о значительно меньшем развитии ледников на Баргузинском хребте, чем это рисуется В. В. Ламакину. Климат во время ледникового периода в этом районе был достаточно мягким для того, чтобы растительная жизнь, хотя бы и очень скудная, не прерывалась, в результате чего мы имеем здесь реликты.

Fissidens adiantoides Hedw. Собран автором и В. М. Каплиным в губе Хакусы (северо-восточное побережье Байкала) приблизительно в полу-

километре от берега, среди травы на берегу горячего ключа. По А. С. Лазаренко [13] и Р. Н. Шлякову [19] распространение вида следующее: Западная и Восточная Европа до Урала, Кавказ, Исландия, Северная Африка (Алжир), Алтай, Южная Камчатка и Северная Америка. Таким образом, ближайшим к нашему местонахождению вида является Алтай. Характер ареала *Fissidens adiantoides* дает право рассматривать и его, как доледниковый реликт. Возможно, что при дальнейшем изучении брйофлоры Средней Сибири этот вид будет собран также и в других местах. Вряд ли, однако, в этом случае можно будет отрицать его более южный и теплолюбивый характер.

Восточно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
10/Х 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г. Попов, Флора Байкальской Сибири и ее происхождение. «Новая Сибирь», книга 33, Иркутск, 1955.
2. М. Г. Попов, *Ophioglossum vulgatum* L. на Байкале. Ботанический журнал, № 11, 1956.
3. Флора споровых растений СССР, т. III, 1954.
4. И. Д. Кильдюшевский, К флоре мхов Приполярного Урала. Тр. БИН АН СССР, сер. II. Споровые растения, вып. 11, 1956.
5. К. И. Ладыженская, *Vuxbaumia aphylla* в СССР. Тр. БИН АН СССР, сер. II. Споровые растения, вып. 2, 1934.
6. А. А. Абрамова, И. И. Абрамов, *Vuxbaumia aphylla* Hedw. на Кавказе. Ботанический журнал, № 3, 1949.
7. А. С. Лазаренко, Определитель листовых мхов БССР. Минск, 1951.
8. А. С. Лазаренко, Неморальный элемент брйофлоры Советского Дальнего Востока. Советская ботаника, № 6, 1944.
9. Л. И. Савич, Несколько новых и интересных видов мхов для СССР. Труды БИНа АН СССР, сер. II, Споровые растения, вып. 4, 1938.
10. А. А. Абрамова, И. И. Абрамов, *Mnium immarginatum* (Lindb.) Broth. из Монголии. Ботанический журнал, № 1, 1956.
11. В. В. Ламакин, Ушканьи острова и проблема происхождения Байкала. Географиз, 1952.
12. Б. А. Федченко, Флора Азиатской России, вып. 4 и вып. 13, 1914.
13. А. С. Лазаренко, Листья и мохи Раданьского Далеккого Сходу. I, Верхплідні мохи. Ботанический журнал АН УРСР, № 3—4, 1940.
14. Р. Н. Шляков, Несколько интересных новинок для брйофлоры Южного Урала. Научно-методические записки. Изд. Главн. Упр. по заповедникам, вып. XII, 1949.
15. М. П. Слободян, Брйофлористичні новинки з свідівца (Східні Карпати). Ботанический журнал АН УРСР, № 2, 1950.
16. А. С. Лазаренко, К. О. Улична, Гукерія блискуча в східних Карпатах. Наукові записки Природознавчого музею Львівського філіалу АН УРСР, т. V, 1956.
17. Herzog T. H., Geographie der Moose. Jena, 1926.
18. В. В. Ламакин, Байкальский тип четвертичного оледенения. Изв. Всесоюзного Географического общества, т. 85, № 2, 1953.
19. Е. А. Селиванова-Городкова, Р. И. Шляков, Мхи района бывшего Башкирского заповедника. Тр. БИН АН СССР, сер. II, Споровые растения, вып. 11, 1956.

С. У. СТРОГАНОВ
К РАСПРОСТРАНЕНИЮ И ТАКСОНОМИИ
БЕЛОЗУБКИ-МАЛЮТКИ СРЕДНЕЙ АЗИИ

(*Suncus etruscus bactrianus* subsp. n.)

Белозубка-малютка [*Suncus etruscus* Savi (*Soricidae*)] принадлежит к числу редчайших и малоизученных видов териофауны мира. Хотя она распространена относительно широко и известна в науке около 135 лет, но до сих пор даже в наиболее полных коллекциях крупнейших музеев Европы и Америки представлена единичными экземплярами. Поэтому накопление материала по этому виду представляет определенный интерес для натуралистов.

Напомню, что белозубка-малютка является самым маленьким зверем на земле из всех известных в настоящее время. Она значительно меньше своих сородичей и даже уступает в величине многим насекомым, например, некоторым жукам. Длина ее тела с головой не превышает 45 мм, вес 1,2—1,7 г. В составе нашей териофауны по величине и весу к белозубке-малютке приближается крошечная бурозубка (*Sorex minutissimus* Zimmernann), но она все же несколько крупнее (длина тела с головой до 50 мм, вес 1,8—2,9 г).

Ареал белозубки-малютки охватывает Средиземноморское побережье Европы (от Испании и Южной Франции до Греции) с прилегающими островами (Сардиния, Сицилия), Африку (Алжир, Северная Нигерия) и Южную Азию (от Палестины и Аравийского полуострова к востоку до Ассама, Бирмы, Тенассерима, к северу до Закавказья и южной периферии Средней Азии включительно, и далее — до южных склонов Гималаев) [1].

В пределах Советского Союза белозубка-малютка встречается в Закавказье и южных районах среднеазиатских республик.

В Закавказье она констатирована рядом исследователей. В Грузии, в окрестностях Тбилиси, ее находили еще Г. И. Радде и П. Р. Фрейберг (С. И. Огнев, [2]). В пределах Азербайджана белозубка-малютка обнаружена в трех местах: в окрестностях г. Нуха она найдена Н. Пыльцовым (С. И. Огнев, [2]), в Муганской степи ее добыл А. М. Завадский, а в Ленкорани — Б. Л. Тизенгаузен (К. А. Сатунин, [3, 4]).

В Средней Азии ареал белозубки-малютки занимает крайние южные районы к востоку, вероятно, до Памира. Конкретные данные о распространении ее здесь немногочисленны. Г. Радде и А. Вальтер (G. Radde und A. Walter) [5] упоминают экземпляр, вероятно, этого вида, добытый Сиверсом в 1873 г. в Туркменской степи (без более точного обозначения местности). В коллекции Зоологического музея Московского университета хранится экземпляр белозубки-малютки из Кара-Кумов (от генерала Колпаковского). В этом же музее имеется второй экземпляр из сборов П. А. Варенцова из Ляма-Буруна на Больших Балханах [6]. По М. К. Лаптеву [7, 8], встречается на Теджене и Копет-Даге (аул Яртыкала в долине р. Чандыр).

В юго-западной части Таджикистана белозубка-малютка впервые найдена мною. Здесь я ее коллектировал в 1944 г. на р. Кафирниган в г. Шаартузе и в 1951 г. в Вахшской долине в урочище Тигровая балка.

На протяжении очерченного ареала с разнообразными природными условиями белозубка-малютка распадается на ряд подвидов, различающиеся окраской волосяного покрова, размерами тела и черепа. В настоящее время известно 5 подвидов *Suncus etruscus*, из которых 4 распространены в Южной Азии и 1 — в Средиземноморье и Передней Азии.

Подвидовое положение белозубки-малютки, населяющей Иран, Закавказье и Туркмению, до сих пор остается невыясненным, и для правильного вывода по этому вопросу пока еще не накоплено в достаточном количестве материала. Что касается белозубки-малютки, встречающейся в Таджикистане, то исследование 8 экземпляров из моих сборов обнаруживает ее подвидовую обособленность. В соответствии со сказанным, я ее выделяю в качестве нового подвида. Ниже приводится его описание.

Suncus etruscus bactrianus subsp. n. — Таджикская белозубка-малютка

Тип и типичное местонахождение. № 2414 коллекции С. У. Строганова, ♀, 28/VI 1951, из сборов автора. Таджикистан, Тигровая балка (Вахшская долина). Кроме типа, исследовано 7 экземпляров.

Диагноз. Характеризуется относительно мелкими размерами (см. измерения), крайней уплощенностью черепа и одонтологическими признаками. Высота черепа в области мозговой коробки 2,3—2,7 мм (M.2,5), вместо 2,8—3,0 мм (M.2,9) у номинальной формы и 3,0—3,3 мм (M.3,2) у закавказских и иранских особей. Последний промежуточный (Pm²) очень мал и снаружи скрыт за передним выступом коронки первого многобугорчатого (Pm³), и в профиле зубного ряда обычно его не видно. Окраска спинной стороны дымчато-серовато-коричневая, по общему тону близкая к промежуточному между mouse-gray (pl. LI, Ridgway, 1912) и brussel-brown (pl. III); на боках тела постепенно заменяется светло-серой (N 8 gull-gray, pl. LIII) окраской брюшной стороны. Хвост двухцветный соответственно окраске верхней и нижней сторон тела. Волосяной покров на лапках белосветлый; когти светло-роговые. Вибриссы длинные (до 10—13 мм), светлоокрашенные (рис. 1).

Измерения. Длина тела с головой 36,0—44,5 мм (M.41,2); длина хвоста без концевых волос 23,0—27,1 мм (M.25,6); длина задней ступни без когтей 6,4—7,1 мм (M.6,8). Вес тела 1,2—1,4 г.

Кондило-базальная длина черепа 11,9—12,3 мм (M.12,1); наибольшая ширина черепа 5,3—6,2 мм (M.5,6); высота черепа 2,3—2,7 мм (M.2,5); межглазничная ширина 2,9—3,1 мм (M.3,0); ширина между foram. anteorbitalia 2,2—2,4 мм (M.2,3); длина верхнего зубного ряда 5,4—5,6 мм (M.5,5).

Замечки по систематике. От номинального подвида таджикская белозубка-малютка отличается, помимо уплощенности черепа и строения промежуточных зубов, еще более малым весом и мелкими размерами. Так, вес тела у *S. e. etruscus* Savi достигает 1,7 г. Наиболее характерные для номинальной формы средние данные измерений таковы (в скобках приводятся соответствующие показатели для *S. e. bactrianus* subsp. n.): длина задней ступни 7,5 мм (6,8); кондило-базальная длина черепа 12,8 мм (12,1); наибольшая ширина черепа 6,0 мм (5,6); высота черепа 3,2 мм (2,5); ширина между foram. anteorbitalia 2,5 мм (2,3); длина верхнего зубного ряда 5,6 мм (5,5).

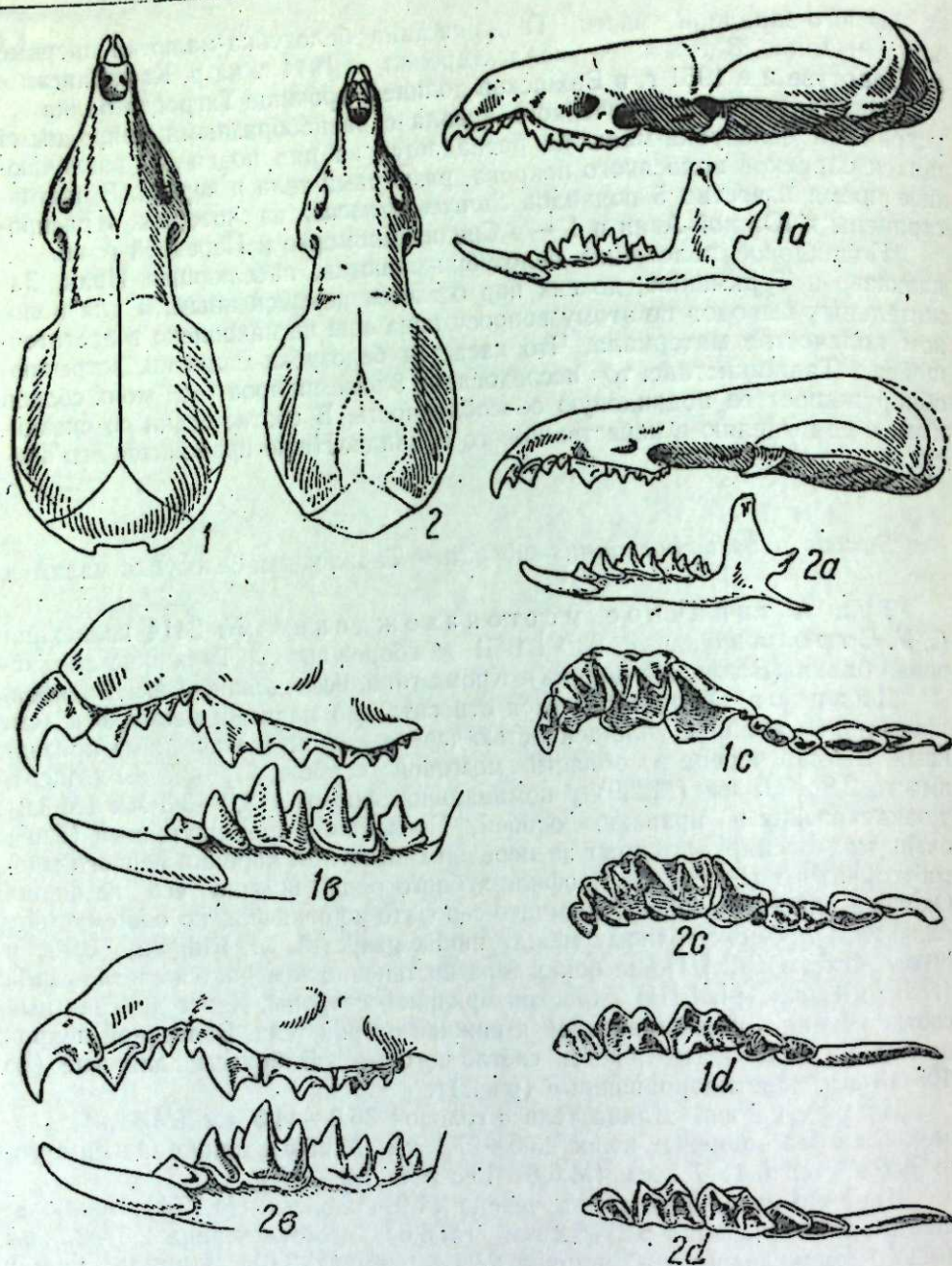


Рис. 1. Строение черепа и зубов белозубки-малютки. 1—1d—*Suncus etruscus* subsp. n. (по экземпляру № 6507 колл. ЗИН АН СССР из Восточного Ирана, сборов Н. А. Зарудного); 2—2d—*Suncus etruscus bactrianus* subsp. n. (по экземпляру № 2416 колл. С. У. Строганова из Таджикистана, сборов автора).
1—2—вид черепа сверху; 1a—2a—вид черепа сбоку; 1b—2b—зубной ряд в профиль; 1c—2c—верхние; 1d—2d—нижние зубы со стороны жевательной поверхности.

Последний верхний промежуточный (Pm^2) у номинального подвида, а также у закавказских и иранских особей, в отличие от *S. e. bactrianus* subsp. n. в большинстве случаев хорошо виден в профиле зубного ряда. Что касается окраски, то, судя по данным сравнения наших материалов с имеющимися спиртовыми экземплярами из Закавказья, общий тон

окраски спины у нового подвида представляется более насыщенным, с заметно развитыми коричневыми оттенками.

Географическое распространение. Подвид этот я коллектировал в юго-западных районах Таджикистана, именно: в урочище Тигровая балка, что в низовьях р. Вахша и в долине р. Кафирнигана, в Шаартузе.

Данные по экологии. В Тигровой балке *S. e. bactrianus* subsp. n. попадалась в ловчие цилиндры, расставленные на захлапленных участках джидового тугая на берегу оз. Балобанова. Древостой образован джидой (*Elaeagnus angustifolia* L.) с вкрапленными кое-где одиночными деревьями туранги (*Populus pruinosa* Schrenk). Тугай расчленен куртинами черного камыша [*Erianthus Ravennae* (L.) P. V.]. Древесный полог местами сомкнутый, препятствующий прохождению прямых солнечных лучей. В подстилке мертвый покров из всевозможных растительных остатков. В долине Кафирнигана экземпляр белозубки-малютки попался мне в черте города Шаартуза, в небольшом саду, окаймленном по гребню арыка густыми зарослями эриантуса и других трав.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
14/X 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. J. R. Ellerman and T. C. S. Morrison-Scott, Checklist of Palaearctic and Indian mammals. London, 1951.
2. С. И. Огнев, Звери Восточной Европы и Северной Азии, т. I, М., 1928.
3. К. А. Сатунин, Млекопитающие Талыша и Мугани. Изв. Кавк. муз., т. II, вып. 2—4, Тифлис, 1906.
4. К. А. Сатунин, Новые и малоизученные млекопитающие Кавказа и Закаспийской области. Изв. Кавк. муз., т. II, вып. 1, Тифлис, 1905.
5. G. Radde und A. Walter, Die Säugethiere Transkaspiens. Zool. Jahrbüch. Systematik. Bd. IV, 1889.
6. С. И. Огнев и В. Г. Гелтнер, Млекопитающие среднего Копет-Дага и прилегающей равнины. Труды НИИЗ при физ.-мат. ф-те МГУ, т. III, вып. 1, М., 1929.
7. М. К. Лаптев, Материалы к познанию фауны позвоночных животных Туркменистана (Большие Балханы и Копет-Даг). Изв. Туркм. К-та по охране природы, № 1, Ашхабад, 1934.
8. М. К. Лаптев, Определитель позвоночных животных Туркменской ССР. Ашхабад — Баку, 1936.

Г. А. ПЕШКОВА

РЕЛИКТОВЫЕ ГРУППИРОВКИ *ARTEMISIETA MARITIMAE*
В ИРКУТСКО-БАЛАГАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

При геоботаническом картировании Нукутского и Аларского районов Иркутской области (1956 г.) на их территории нами отмечены группировки солончаковатых степей, которые по классификации Блюментала [1] выделяются в особый подтип сазовых степей. Они характеризуются преобладанием в травостое гидроксерофитов, т. е. растений, «у которых надземные органы несут яркие черты приспособления к засушливому климату, но которые произрастают при наличии постоянного или временного грунтового увлажнения или иногда временно избыточного поверхностного увлажнения» [1].

В Нукутском районе сазовые степи приурочены к долинам рек Унги и Заларинки; в Аларском они располагаются в окрестностях озера Аляты и по долине речки Аларь. Кроме того, большие площади сазовых степей имеются по долинам рек Осы, Обусы и Куды. Почвы указанных речных долин засолены в различной степени, вплоть до появления на некоторых участках столбчатых солонцов. На этих засоленных почвах нами описано несколько различных формаций сазовых степей: вострецовники (*Aneurolepidieta ramosi*), волоснецовники (*Aneurolepidieta Paboani*), чиевники (*Lasiagrostideta splendidis*) и приморскопопынники (*Artemisieta maritima*). В мозаичном комплексе с последними встречаются пятна солянок, приуроченные, обычно, к мокрым солончакам.

На анализе приморскопопынников, комплексирующихся с зарослями солянок, мы и остановимся, так как они, с нашей точки зрения, представляют наибольший интерес по своему особенному набору растений.

Злаковую основу приморскопопынников составляет бескильница (*Atropis tenuiflora* Grisb.) с обилием Cor_1 . Кроме нее, в травостое отмечены единичные растения волоснеца (*Aneurolepidium Paboanum* (Claus) Nevski) и кочки чия (*Lasiagrostis splendidis* (Trin) Kunth.). Эдификатор формации — *Artemisia maritima* L. — Cor_2-3 . Создификатор — *Limonium Gmelini* Ktze (Cor_1-2). При меньшем обилии встречаются *Plantago Cornuti* Gouan, *Nitraria sibirica* Pall. Единично произрастают: *Taraxacum Bessarabicum* (Fisch.) Handl.—Mazz., *Atriplex sibirica* L., *Thellungiella salsuginosa* O. E. Schultz. и в единственном экземпляре (*un.*) для данной группировки отмечен *Asparagus brachyphyllus* Turcz.

Как видно из сказанного, травостой флористически очень беден. Всего в составе формации на площади не менее 100 м² оказалось лишь 11 видов. Правда, этот список растений можно увеличить до 15 видов, если учесть солянки, являющиеся характерными вкраплениями по микропонижениям в приморскопопынной степи. Но и их также немного: *Salsicornia herbacea* L., *Suaeda corniculata* Vge., *Salsola collina* Pall. *Aster tripolium* L.

Итак, рассматриваемый комплекс приморскопопынников с солянками характеризуется небольшим числом слагающих его видов, но он настолько

специфичен и так выделяется среди окружающей его степной обстановки, что невольно возникает вопрос: откуда и как появились эти растения здесь? Ближайшее знакомство с ареалами каждого вида в отдельности дает возможность ответить на поставленный вопрос. *Artemisia maritima* L. — ареал ее очень широк, но захватывает, в основном, область современных пустынь, — территорию Средней Азии, побережье Каспийского моря, Малую Азию, Иран, Афганистан, Тибет, Гималаи, Монголию, заходит в Западной Сибири до 56° с. ш. (Барабинская степь). Последняя является крайним северным пределом ее распространения. Вид *Artemisia maritima* — крайне полиморфен и дает многочисленные расы-жорданоны. В наших районах, в частности, произрастает *Artemisia nitrosa* Web. Южнее она замещается многочисленными, но весьма близкими между собой мелкими видами, с трудом отличающимися друг от друга. Крашенинников (по Ильину [2]) после тщательного анализа секции *Seriphidium* рода *Artemisia* пришел к выводу, что виды этой секции сформировались давно на берегах усыхающего древнего моря Тетиса, откуда по мере его усыхания они расселялись на другие территории.

Другой, изредка встречающийся в приморскопопынных степях вид — *Nitraria sibirica* Pall. также, по мнению Ильина [2], возник на морских литоральных и проник в пустыни Монголии с запада из африканских пустынных пространств, где встречается наиболее древний вид этого рода — *Nitraria retusa*. Современный ареал *Nitraria sibirica* обнимает, в основном, территорию Средней Азии к востоку от Каспийского моря и уходит в Монголию; нередко встречается в Западной Сибири и у нас, на территории Иркутско-Балаганской лесостепи.

Atriplex sibirica L. встречается на солончаках и солончаковатых лугах в южной части Западной Сибири, на юге Средней Азии, в Монголии, в Японии и Китае. Несмотря на широкое распространение рода *Atriplex* на территории Голарктики, он имеет древние центры развития не только в Африке, но и в Австралии и Центральной Америке [2]. Все это говорит об его исключительной древности. *Asparagus brachyphyllus* Turcz в нашем районе отмечен как редкое растение солончаковатых местообитаний. Он встречается в Средней Азии, заходит в Китай, изолированно встречается в южной части Западной Сибири. Род *Asparagus* насчитывает около 300 видов. Другие виды рода распространены в Африке, Древнем Средиземноморье, в Индии и Восточной Азии. Самые северные пункты распространения *Asparagus brachyphyllus* Западная и Восточная Сибирь.

Limonium Gmelini (Willd.) Ktze. у нас имеет крайний западный и северный предел своего распространения. Основной ареал его находится в степной полосе Европейской части Союза, Западной Сибири (Кулундинская и Барабинская степи) и в Средней Азии, захватывая северную часть Монголии. Род *Limonium* включает в себя около 300 видов и относится многими авторами (например, Лавренко [3]) к самобытным средиземноморским элементам, так как основная часть его ареала лежит на территории Древнего Средиземноморья.

Thellungiella salsuginosa O. E. Schultz в Советском Союзе встречается на солонцеватых почвах и солончаках Западной и Восточной Сибири, затем в окрестностях озера Балхаш в Средней Азии. Главный ареал занимает Монголию, отчасти заходит в Северный Китай. Этот же и близкий к нему вид *Th. halophila*, встречаются в Северо-Западной Америке. М. Г. Попов в сводке «Флора Средней Сибири» относится *Th. salsuginosa* к древнесредиземноморским видам.

Plantago Cornuti Gouan. отмечается на солончаковатых лугах и солонцах юга Европейской части СССР, в Средней Азии, Северной Монголии. Заходит он в Западную (Хакасская степь) и Восточную Сибирь,

имея своей восточной границей Гусиное озеро в Бурят-Монголии. Род *Plantago* (около 200 видов) встречается на всех континентах мира. В пределах Евразии и Северной Африки насчитывается около 90 видов, причем подавляющее их большинство сосредоточено в Средиземноморской флористической области.

Ареал *Taraxacum bessarabicum* (Fisch.) Handl. Mazz. находится в пределах южной степной и пустынной зон, начиная от венгерских пушт до степных островов Восточной Сибири. Насколько можно судить по «Флоре Западной Сибири» и «Определителю растений Европейской части СССР», многочисленный род *Taraxacum* в основном распространен в степной и пустынной полосах Европы, Центральной Азии, Ирана, Африки, а также по литоралиям Балтийского моря и в прибрежных тундрах, омываемых западной частью Ледовитого океана. Как видим, его ареал, с одной стороны, приурочен к области Древнего Средиземья, с другой, — к литоралиям.

Aneurolepidium Paboanum (Claus) Nevski — характерное растение солончаков и солонцов степной и частично пустынной зон. Его ареал обнимает Прикаспийские степи, Среднюю Азию, Монголию, заходит в пределы Западной Сибири (Приенисейские степи), встречается в наших островных степях. Относится, согласно Лавренко [3], к голарктико-средиземным элементам.

Почти совпадает с ареалом *Aneurolepidium Paboanum* Nevski распространение *Lasiagrostis splendens* (Trin.) Kunth. Его ареал приурочен к Прикаспью, Средней Азии, югу Западной Сибири, Ирану, Монголии. Виды рода *Lasiagrostis* распространены на территории пустынь Средней Азии, Ирана, Монголии. Весь род должен быть отнесен к древнесредиземноморским.

Atropis tenuiflora Griseb. — эндем Союза, характерен тем, что его ареал показывает странные разрывы. Так, он встречается в Средней Азии, затем на Алтае, в Приенисейских степях и на территории Иркутско-Балаганского лесостепного острова; кроме того, отмечается по берегам Лены, заходит на север до Якутска. По данным «Флоры СССР», виды *Atropis* распространены, подобно видам рода *Plantago* в пустынно-степной области Евразии, по литоралиям Ледовитого океана и на Дальнем Востоке.

Заслуживают внимания ареалы солянок. *Salicornia herbacea* L. встречается по солончакам и морским побережьям, поэтому имеет несколько необычный ареал. Так, она встречается на побережье Ледовитого океана в Европейской части Союза, в Причерноморских и Прикаспийских степях, занимает всю Среднюю Азию, Сибирь, Иран, Малую Азию, Индию, Северную и Южную Африку, Америку. В общем, встречается во всех странах света, преимущественно, по литоралиям.

Suaeda corniculata Vge. распространена в Прикаспийской низменности, Средней Азии и в Западной Сибири (Хакасская степь), а также в Монголии, северо-западной Маньчжурии и Тибете. Род *Suaeda* многочислен; ареал его четко очерчен границами Древнего Средиземноморья и простирается далее на восток до берегов Тихого океана, распространение многих видов связано с литоральной полосой морей.

Salsola collina Pall. по своему ареалу близка к *Suaeda corniculata* Vge.; отмечается в Прикаспии, на юге Западной Сибири, в восточной части Средней Азии, затем Монголии и Тибете. Род *Salsola* насчитывает 100 видов, распределенных, преимущественно, в Древне-Средиземноморской области, за исключением 5—6 видов, растущих в пустынных районах Южной Африки. Считается типичным представителем пустынь и литоралей.

Aster tripolium L. встречается в степях и на морских побережьях Европейской части Союза, в Средней Азии, Монголии, Маньчжурии, Китае, Северном Иране, Северной Африке, в Западной Сибири и изолированно в наших степях. М. Г. Поповым [4] считается древнесредиземноморским видом.

Какие выводы можно сделать из приведенного анализа ареалов? Прежде всего, бросается в глаза, что места распространения всех названных растений в Иркутско-Балаганской лесостепи (как и сама лесостепь) изолированы от их основных ареалов, которые почти для всех видов лежат в полосе Древнего Средиземноморья. Эта полоса, по мнению многих авторов [2, 5 и др.], считается пустынно-степной с третичного периода.

Корни ареалов некоторых видов уходят в пределы Африки (*Nitraria sibirica*, *Asparagus brachyphyllus*, *Atriplex sibirica*). Все эти виды очень древние по происхождению. Об этом свидетельствуют работы исследователей, касающиеся происхождения пустынной флоры. Так род *Nitraria* М. Г. Попов [5] считает одним из представителей древней флоры Вельвичии. К этой же флоре, по его мнению (к которому присоединяется Ильин), относится все семейство *Chenopodiaceae* с его многочисленными представителями — *Atriplex*, *Suaeda*, *Salsola*, *Salicornia*.

Artemisia maritima, *Lasiagrostis splendens*, *Aneurolepidium Paboanum*, *Thellungiella salsuginosa* признаются [3, 4] средиземноморскими элементами. Область их распространения — Древнее Средиземноморье, но ареалы не заходят далее на юг — в Африку, Иран и т. п. По-видимому, роды указанных видов формировались здесь, на месте.

Характерно, что многие виды встречаются одновременно и на солончаках пустынно-степной полосы и по литоралиям больших соленых водоемов.

Возникает вопрос: каким образом объяснить присутствие всех перечисленных растений в наших островных степях, отделенных в настоящее время от пустынь Средней Азии, степей Западной Сибири и Монголии сотнями километров лесных пространств? Может быть, это случайные заносные растения, поселившиеся на вновь возникающих засоленных почвах? Но, по недавнему сообщению В. П. Мартынова (на конференции научных сотрудников Иркутского госуниверситета в 1957 г.), следы былой засоленности обнаружены под дерново-карбонатными оподзоленными и дерново-подзолистыми почвами, т. е. под почвами, на которых в настоящее время растет лес. Подобные явления отмечаются И. В. Николаевым для Братска. Следовательно, в прошлом засоленные почвы были развиты на территории гораздо большей, чем в настоящее время. Это подтверждает мнение о том, что «на континенте Восточной Сибири в третичном и начале четвертичного периода климат был теплый, сухой и континентальный. Пустынные условия южной части к северу сменялись степными» [6]. Исходя из этого, мы должны отвергнуть случайный занос указанных растений в настоящее время. Если засоленные почвы существуют у нас с третичного периода, то, следовательно, и растения проникли к нам в то же время; тем более, что все они уже существовали тогда на обширных пространствах Древнего Средиземья. Вероятно, в то время пустыни Средней Азии, степи Западной и Восточной Сибири соединялись между собой. Соединение это происходило, по-видимому, из Средней Азии и Монголии, через территорию современного Алтая (*Atropis tenuiflora*). Для этого необходимо допустить, что Алтайская горная система возникла позднее, в конце третичного, начала четвертичного периода, т. е. что на его месте существовал коридор, свободный для прохождения с юга пустынно-степных видов. Именно это и доказывает В. В. Ревердатто [7] вслед за многими геологами.

Необходимо также предположить, что формации приморскопльничников в комплексе с солянками возникли на литоралиях древнего моря Тетиса, по мере усыхания которого они занимали все большие территории. Дно высохшего моря при сухом и жарком климате третичного периода превратилось в обширные пустынно-степные пространства.

Из всего сказанного выше можно сделать вывод, что комплекс приморскопльничников с солянками представляет реликт давно исчезнувших на нашей территории более ксерофитных степей и пустынь.

Существование пустынно-степных условий на территории Восточной Сибири доказывает В. В. Ревердатто [7]. Об этом же говорит И. В. Николаев [6]. На основании находок пустынных растений *Eurotia ceratoides* (L.) С. А. М. и *Panzeria lanata* Pers. на южном склоне Хамар-Дабана Н. А. Епова также допускает существование в конце третичного периода по южным склонам Хамар-Дабана пустынно-степных ландшафтов. М. Г. Попов [9] отмечает широкое (до 60—70° с. ш.) распространение в миоцене-плиоцене степей и пустынь на территории Средней Сибири. Он считает, что полосой в виде языка они доходили до Якутии. М. Н. Караваев [10], анализируя флору степей Якутии, также приходит к выводу о их реликтовости.

Мы также считаем на основании приведенных фактов приморскопльничные группировки реликтовыми. Они свидетельствуют о широком распространении в прошлом на территории Восточной Сибири степей и пустынь. Позднее наступавшая с севера тайга разобщила некогда сплошные участки сибирских степей на отдельные острова. Иркутско-Балаганский лесостепной остров — один из них.

Восточно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
27/VIII 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Д. Блюменталь, К вопросу о классификации степей. Сб. Академику Сукачеву к 75-летию со дня рождения, М.—Л., 1956.
2. М. М. Ильин, Некоторые итоги изучения флоры пустынь Средней Азии. Материалы по истории фл. и растит., т. II, М.—Л., 1946.
3. Е. М. Лавренко, О флорогенетических элементах и центрах развития флоры Евразийской степной области. Советская ботаника, № 1—3, 1942.
4. М. Г. Попов, Флора Средней Сибири, т. I, М.—Л., 1957.
5. М. Г. Попов, Основные черты истории развития флоры Средней Азии. Бюлл. Ср.-Аз. гос. университета, 15, 1927.
6. И. В. Николаев, Почвы Иркутской области. Иркутск, 1949.
7. В. В. Ревердатто, Основные моменты развития послетретичной флоры Средней Сибири. Советская ботаника, № 2, 1940.
8. Н. А. Епова, Реликты широколиственных лесов в пихтовой тайге Хамар-Дабана. Изв. Биолого-географ. научно-иссл. ин-та при Иркутском госуниверситете, т. XVI, в. 1—4, 1956.
9. М. Г. Попов, Вопрос о взаимоотношении леса (тайги) и степи в Средней Сибири. Бюлл. об-ва испыт. природы, отд. биологии, т. VIII (6), 1953.
10. М. Н. Караваев, Краткий анализ флоры степей Центральной Якутии. Бот. журнал, т. 30, № 2, 1945.

А. В. РОНГИНСКАЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕМЕННОГО И ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВ ЧУЙСКОЙ СТЕПИ

Чуйская степь расположена в юго-восточной части Горного Алтая. Это обширная депрессия до 70 км длины и 10—40 км ширины, окруженная со всех сторон высокими горными хребтами. Ее географическое и высотное положение (1900 м над у. м.) обуславливают резко континентальный, суровый и сухой климат монгольского типа. В растительном покрове преобладают ассоциации опустыненных степей, приуроченных к плоским междуречьям с щелочистыми светло-каштановыми почвами, подстланными галечниковыми наносами, и только по долинам рек и в высокогорьях встречаются луга.

Природно-климатические особенности Чуйской степи определяют животноводческое направление хозяйства этого района. Травосеяние развито здесь слабо. Решающее значение в обеспечении скота кормами принадлежит естественным сенокосам и пастбищам.

Имеющиеся естественные сенокосные угодья в фитоценоотическом отношении представлены злаково-осоковыми и осоковыми лугами. Они отличаются бедностью видового состава, доминированием корневищной осоки (*Carex enervis*), незначительной высотой травостоев (до 15 см). Кроме природных, имеются небольшие площади синантропных лугов, возникших на месте степей под влиянием поливов. Большинство оросительных систем построено в 1936 и 1938 гг. В настоящее время растительный покров их мало отличается от естественных лугов. В колхозах Чуйской котловины практикуется круглогодичный выпас скота. Но даже при таком характере использования пастбищ остро ощущается недостаток в грубых кормах. Необходимо всемерное расширение сенокосных угодий за счет орошения.

Биология лугов Горного Алтая до настоящего времени изучена слабо. Литературные данные по этому вопросу немногочисленны. Однако благодаря работам П. Н. Крылова, В. И. Баранова и В. А. Шелудяковой, В. В. Сапожникова, Д. И. Челышева, А. В. Калининной, М. Н. Смирнова, Е. И. Лапшиной [1—7] мы имеем довольно четкое представление о флоре и растительности Чуйской степи, о характере ее кормовых угодий. А. И. Ивановский и С. С. Рубин (1936—1939 гг.) занимались травосеянием на оросительных системах. Для посева на незасоленных почвах Чуйской степи они рекомендовали костер безостый, на засоленных же и бедных почвах — пырей бескорневищный и волоснец сибирский. Сеяные травы на поливных землях имеются там и в настоящее время, но их производительность в большинстве случаев уступает естественным поливным угодьям.

Изучением же биологии орошаемых лугов до сих пор в Чуйской степи никто не занимался. Характер сукцессий растительности под влиянием поливов не является еще достаточно изученным. Схема, предложенная Е. И. Лапшиной [7], основана на сопоставлении несистематических описа-

ний различных исследований прошлых лет с современным состоянием растительности орошаемых систем, а не на стационарных наблюдениях, тем не менее она является единственной попыткой представить пути изменения травостоя степи под влиянием орошения.

И. Д. Богдановская-Гиенэф [8] отмечала тесную связь между возобновлением растений и динамикой растительного покрова. Она считает, что, не зная механизма возобновления ценозов, нельзя понять их динамики.

Исключительно важным как в теоретическом, так и в практическом отношении является изучение закономерностей жизни фитоценозов в условиях полива, динамики и способов размножения растений. Знание процессов возобновления ценозов должно служить основой для практических мероприятий, направленных к регулированию их состава в желательную для человека сторону. Нашей основной задачей было установить путь изменения степного травостоя под влиянием поливов.

В 1955—56 гг. автором в составе геоботанического отряда Западно-Сибирского филиала АН СССР проводились наблюдения за возобновлением растительности осочковой степи с *Carex duriuscula* злаково-осоковых и осоковых орошаемых лугов с преобладанием осоки безжилковой (*Carex enervis*) на оросительной системе Кара-Тюргунь. Исследования велись по несколько измененной методике И. Д. Богдановской-Гиенэф [9]. На постоянных участках площадью 3 м² (3 площадки по 1 м²) подсчет количества всходов семенного и вегетативного происхождения проводился в каждой из ассоциаций с помощью наложения на травостой металлической сетки с ячейками 10 × 10 см. Так как семенные всходы злаков и осок в надземной своей части не отличимы от всходов вегетативного происхождения в каждой ассоциации дополнительно выкапывали дернину 2 м² и осторожно разбирали для обнаружения семенных проростков. Нами тщательно изучалась морфология органов вегетативного размножения; отмечалась глубина их залегания; сделаны зарисовки наиболее типичных растений орошаемых лугов; определена семенная продуктивность исследуемых ассоциаций подсчетом генеративных побегов на 3-метровых площадках и их среднее количество помножено на количество семян на 1 генеративном побеге (средняя цифра из 100 учетов).

При изучении семенного возобновления фитоценозов большое значение имеет определение запаса семян в почве, особенно важно знать количество жизнеспособных семян. Используя метод Т. А. Работнова [10], мы брали образцы в период с 20 мая по 20 июня до начала осыпания семян данного года. Пробы размером 10 × 10 см с поверхности до глубины 10 см отмыты в ситах с отверстиями в 0,25 см. Семена при помощи лупы отобраны из промытых органических остатков, методом проращивания определены их видовой состав и жизнеспособность. В 1955—1956 гг. повторность была пятикратной в каждом фитоценозе, а в 1957 г. — пятидесятикратной.

Для того, чтобы выводы о динамике фитоценозов были более обоснованы, мы считали необходимым определить возраст существующих орошаемых лугов. Методы определения возраста и длительности жизни у травянистых растений разработаны еще очень мало. Для определения возраста наших растений наиболее приемлемым оказался метод Т. А. Работнова [11]. В основе его лежит морфологический анализ остатков листьев прикорневых розеток прошлых лет. Лучше всего они заметны у растений с вертикальными корневищами и втягивающими корнями. Втянутое в почву корневище имеет возможность расти вверх, листья прикорневой розетки развиваются в каждый следующий год несколько выше предыдущих, образуя кольцо. На размоченных в воде гербаризованных

растениях при просматривании их в бинокулярную лупу очень хорошо видны эти рубцы прикрепления листьев. Количество рубцов соответствует количеству лет растения. Так как в году образуется одна розетка, то и метод определения возраста по этим признакам довольно точен. Нами на злаково-осоковых и осоковых орошаемых лугах определен возрастной состав популяций горчичника влагалищного (*Peucedanum vaginatum*) и мытника красивого (*Pedicularis venusta*). (Для анализа взяты популяции с 10 м² в каждой ассоциации). Эти растения выбраны потому, что у них наиболее четко видны рубцы. Мытник — растение луговое, в большом количестве представленное на этих лугах, и возрастной состав его популяции может характеризовать возраст лугов, а популяция степняка-горчичника, сохранившаяся на переходной полосе между орошаемыми лугами и сухой степью, о регрессии степей под влиянием орошения.

Соотношение возрастных групп этих растений позволило сделать выводы о характере размножения их в фитоценозе, о возрасте луга и скорости процесса олуговения.

Злаково-осоковые орошаемые луга составляют 25—30% площади оросительной системы, развиваясь на лугово-болотной, глееватой, солончаковой почве, с НС1 слабовскипающей с поверхности до 18—20 см.

Влагоемкость этих почв равна 68—70%. Травостой состоит из злаков (зубровка, мятлик тибетский, вейник тонкостебельный) и осок, создающих основную массу травостоя. Преобладают корневищные многолетники (табл. 1).

Таблица 1

Биологический спектр злаково-осокового орошаемого луга

Биологические типы	% от общего количества видов ассоциации	% массы травостоя
Хамефиты	8	доли %
Гемикриптофиты	52	43
Геофиты	40	57

Это соотношение биологических типов Раункиера до некоторой степени отражает связь растительности с климатическими условиями. При бесснежных или малоснежных зимах Чуйской степи и длительном периоде с устойчивыми низкими температурами наиболее приспособленными оказались гемикриптофиты и геофиты, преобладающие в травостое, имеющие почки возобновления или на уровне с поверхностью почвы, прикрытые сухими отмершими частями растений, или погруженные в почву. Хамефитов мало, однолетники отсутствуют.

По характеру корневых систем растений в данной ассоциации можно выделить следующие группы:

а) длиннокорневищные многолетники, не образующие дернины (*Hierochloa Bungeana*, *Poa tibetica*, *Calamagrostis macilenta*, *Aneurolepidium*, *Paboanum*, *Poa subfastigiata*, *Trifolium eximium*, *Artemisia glauca*, *Iuncus salsuginosus*, *Hordeum brevisubulatum*, *Pedicularis venusta*) и растения с короткими корневищами — *Glaux maritima*, *Triglochin palustris*, *Astragalus dasyglottis*. Все растения этой группы прекрасно размножаются вегетативно. Корневища начинают расти, как обнаружено в 1955 и 1956 гг., в конце мая. У мятлика тибетского на злаково-осоковом орошаемом лугу белесые шнуровидные корневища 26/VI 56 г. достигли дли-

ны 5,2 см, у молодых экземпляров осоки безжилковой — 2,5 см, а у старых — прироста корневищ почти не наблюдалось. На более плотно задернованном осоковом лугу отрезки корневищ между побегами смежных лет значительно короче;

б) короткокорневищные дерновинные — *Atropis tenuiflora*, *Carex Karoi*, *Carex orbicularis*. Вегетативное возобновление происходит значительно медленнее;

в) стержнекорневые многолетники — *Cirsium esculentum*, *Potentilla multifida*, *Taraxacum officinale*, *Taraxacum bessarabicum*. У этих растений после плодоношения побеги нацело отмирают за исключением базальной их части, где находятся почки возобновления. На одном таком корне *Taraxacum officinale* находили до 4 почек возобновления, в осенний период покрытых густым буроватым опушением;

г) растения с мочковатым типом корневых систем — *Ranunculus pulchellus*, *Thalictrum simplex*, *Potentilla anserina*, *Halerpestes ruthenica*. У лютика и василистника почки возобновления так же, как и у предыдущей группы, находятся в основании стебля (в месте корневой шейки).

Лапчатка гусиная и ползунок хорошо размножаются вегетативно с помощью надземных усов — столонов. У лапчатки гусиной последние достигли длины 58 см и имели по 7 отводков на одном таком столоне (у каждого же растения столонов бывает несколько штук).

Из рассмотренного списка растений ассоциации злаково-осоковых орошаемых лугов видно, что подавляющее большинство растений способно вегетативно размножаться (табл. 2).

Таблица 2

Количество всходов на злаково-осоковом орошаемом лугу за вегетационные периоды 1955—56 гг. (учетные площади по 1 м²)

Всходы	Повторности								
	1			2			3		
	23/V	16/VI	11/VII	23/V	16/VI	11/VIII	23/V	16/V	11/VIII
<i>Carex enervis</i>	2	9	31	8	11	56	5	7	46
<i>Poa tibetica</i>	1	1	28	3	5	41	—	—	44
<i>Cirsium esculentum</i>	4	4	4	—	—	—	—	—	—
<i>Ranunculus pedatifidus</i>	3	4	4	—	—	—	—	—	—
<i>Gentiana sp.</i>	—	—	—	7	7	9	—	—	4
<i>Trifolium eximium</i>	—	9	13	5	17	7	—	—	—
<i>Silene repens</i>	1	—	—	9	9	7	2	—	—
<i>Pedicularis venusta</i>	—	—	—	9	11	16	4	5	12
<i>Peucedanum vaginatum</i>	—	—	—	—	—	—	2	2	2
Всего	11	27	80	40	50	136	13	14	108

Всходы	Повторности					
	1		2		3	
	29/V	13/VIII	29/V	13/VIII	30/V	14/VIII
<i>Carex enervis</i>	11	48	—	12	—	8
<i>Poa tibetica</i>	3	7	21	33	23	39
<i>Ranunculus pedatifidus</i>	—	2	12	13	8	—
<i>Cirsium esculentum</i>	9	4	20	13	5	2
<i>Trifolium eximium</i>	1	1	8	7	2	1
<i>Plantago depressa</i>	9	6	—	—	—	—
<i>Gentiana sp.</i>	12	9	—	3	—	—
Всего	39	77	61	81	38	53

У *Carex enervis* и *Poa tibetica* (табл. 2) в засушливый 1955 г. и во влажный 1956 г. большее количество проростков появилось в осенний период. Всходы разнотравья (особенно *Trifolium eximium* и *Pedicularis venusta*) в 1955 г. были наиболее обильны осенью, а в 1956 г. большое количество всходов разнотравья приходилось на весну.

Наблюдения в течение двух вегетационных периодов показали, что разнотравье хорошо размножается как вегетативно, так и семенным путем. Большая часть проростков была семенного происхождения. Масса всходов *Cirsium esculentum*, *Plantago depressa* встречается по краям суваков на местах снятого дерна. При разборе дернины в 1955 г. с 2 м² и с такой же площади в 1956 г. не обнаружено семенных всходов злаков и осок. Семенная же продуктивность их довольно значительна (табл. 3).

Таблица 3

Семенная продуктивность исследованных ассоциаций на 1 м² (приведены средние данные 3-кратной повторности)

Название ассоциаций	Семена растений	Учет 1955 г.	Учет 1956 г.
		(кол. шт.)	(кол. шт.)
Злаково-осоковый орошаемый луг	<i>Calamagrostis macilentata</i>	3289	—
	<i>Poa tibetica</i>	481	346
	<i>Gentiana barbata</i>	3 коробочки	—
	<i>Hierochloe Bungeana</i>	62	99
	<i>Gentiana decumbens</i>	—	1 коробочка
	<i>Carex enervis</i>	—	54 шт.
Всего		3832	499
Осоковые орошаемые луга	<i>Carex enervis</i>	914	1076
	<i>Carex coriophora</i>	154	132
	<i>Carex orbicularis</i>	10	23
	<i>Poa tibetica</i>	13	13
	<i>Triglochin palustre</i>	0,3	0,6
	<i>Ranunculus pulchellus</i>	0	12
Всего		1091,3	1256,6
Осочковая степь	<i>Carex duriuscula</i>	6300	12
Всего		6300	12

Большое количество семян находится и в верхних горизонтах почвы (табл. 4).

Определен возраст 48 экземпляров мытника с осоковых лугов в долине р. Чуи на естественных лугах, существующих неопределенно долгое время без каких-либо мер улучшения. Побегов мытника красивого старше 16-летнего возраста не обнаружено.

Возрастной состав популяции *Peucedanum vaginatum* растения степняка в отличие от мытника на злаково-осоковых орошаемых лугах несколько иной (табл. 6).

Из сопоставления данных видно, что луговое растение *Pedicularis venusta* хорошо размножалось на злаково-осоковом орошаемом лугу

Таблица 4

Потенциальный запас семян в верхнем горизонте почвы исследованных ассоциаций (приведены средние данные из 5-кратной повторности в переводе на 1 м²)

Название ассоциации	Семена растений	Учет 1955 г.		Учет 1956 г.	
		всего (кол. шт.)	всего (кол. шт.)	из них живых	
Злаково-осоковый орошаемый луг	<i>Hierochloe Bungeana</i>	2400	4160	400	
	<i>Carex enervis</i>	2050	2360	1000	
	<i>Carex orbicularis</i>	350	480	0	
	<i>Ranunculus sp.</i>	250	100	0	
	<i>Cirsium esculentum</i>	0	300	200	
	<i>Silene repens</i>	0	500	100	
Всего . . .		5050	7900	1700	
Осоковый орошаемый луг	<i>Carex enervis</i>	4125	2280	1600	
	<i>Hierochloe Bungeana</i>	1780	980	200	
	<i>Ranunculus sp.</i>	980	1680	100	
	<i>Carex orbicularis</i>	1025	80	0	
	<i>Stellaria brachypetala</i>	2440	420	0	
	<i>Pedicularis sp.</i>	0	320	100	
	<i>Silene repens</i>	0	100	100	
Всего . . .		10350	15940	2100	
Осочковая степь	<i>Carex duriuscula</i>	8380	4240		
	<i>Hierochloe Bungeana</i>	880	2060		
	<i>Carex enervis</i>	0	1320		
	<i>Carex orbicularis</i>	0	400		
	<i>Ranunculus sp.</i>	0	60		
Всего . . .		9260	8080		

Таблица 5

Соотношение возрастных групп растений в популяциях *Pedicularis venusta* со злаково-осокового и осокового орошаемых лугов

Типы лугов	Возраст (в кол. шт.)															Всего экзempl. на 10 м ²
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Злаково-осоковый орошаемый	12	19	23	31	46	33	38	16	14	7	5	0	1	2	0	247
Осоковый орошаемый	3	8	2	0	0	5	7	2	1	0	0	0	0	0	1	29

5—7 лет тому назад, и хорошее возобновление проявляется в настоящее время, тогда как у *Peucedanum vaginatum* однолетних побегов мало, но также много 6—7-летних. Вероятно, популяция горичника на орошаемых лугах деградирует, мытник же хорошо размножается до определенной стадии задернения. При более плотной дернине (пример на осоковых орошаемых лугах) мытник встречается в очень небольшом количестве.

Таблица 6

Возрастной состав популяции *Peucedanum vaginatum* на злаково-осоковом орошаемом лугу (учетная площадь 10 м²)*

Тип луга	В о з р а с т															Всего экзempl. на 10 м ²
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Злаково-осоковый орошаемый	2	7	10	8	12	22	32	27	28	16	13	12	2	2	5	198

* На осоковом орошаемом лугу *Peucedanum vaginatum* не встречается.

Самые старые экземпляры *Peucedanum vaginatum* на злаково-осоковом лугу имеют возраст 14 лет. Следовательно, луговая растительность здесь существует не менее 14 лет, оросительная же система действует 20 лет.

Осоковые орошаемые луга с осокой безжилковой (*Carex enervis*) распространены на 60—70% площади оросительной системы Кара-Тюргунь на лугово-болотной глееватой почве, где с 40 см сочится вода. Вскипания с HCl нет.

В 1955 г. грунтовые воды располагались на глубине 64 см, а в 1956 г. при большей норме полива их уровень на этом участке поднялся до 50 см. Они также принимают участие в обеспечении растений водой.

Травостой состоит в основном из осоки безжилковой (*Carex enervis*). На почве сплошной моховой покров из двух видов зеленого мха, указывающий на избыток влажности и недостаток питательных веществ, доступных высшим растениям.

И в этой ассоциации, так же как и в вышеописанной, преобладают корневищные виды, относящиеся по Раункриеру к группе геофитов, т. е. растений, почки возобновления которых погружены в почву. Они составляют 47% общего количества видов ассоциации и 81% массы травостоя (табл. 7).

Таблица 7

Биологический спектр осокового орошаемого луга

Биологические типы	% от общего количества видов в ассоциации	% массы травостоя
Хамефиты	3	доли %
Гемикриптофиты	40	18
Геофиты	47	81
Терофиты	10	доли %

Вегетативное размножение и здесь является основным способом возобновления луга.

Приведем результаты подсчета проростков за вегетационные периоды 1955—56 гг. на трех постоянных участках по 1 м² в ассоциации осоковых орошаемых лугов (табл. 8).

Из сопоставления данных подсчета проростков видно, что на осоковом орошаемом лугу их значительно меньше, чем на злаково-осоковом. Очевидно, большая густота травяного покрова и большая задернованность почвы снижают возможность семенного возобновления. Основная масса вегетативного подростка осоки безжилковой (*Carex enervis*) появляется в

конце июля, в августе. Здесь также в течение двух лет исследований не найдено семенных проростков злаков и осок.

Большой разницы в урожае семян 1955—56 гг. не наблюдается (табл. 3).

Таблица 8

Количество всходов на осоковом орошаемом лугу за вегетационные периоды 1955—56 гг. (учетные площадки по 1 м²)

Всходы	Повторности								
	1			2			3		
	26/V	29/VII	13/VIII	26/V	29/VII	13/VIII	27/V	29/VII	15/VIII
<i>Carex enervis</i>	8	25	27	4	19	24	9	31	36
<i>Ranunculus pedatifidus</i>	11	9	9	6	6	6	4	2	2
<i>Cirsium esculentum</i>	5	4	4	—	—	—	5	1	—
<i>Trifolium eximium</i>	2	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Poa tibetica</i>	1	3	5	2	7	7	4	6	9
<i>Gentiana sp.</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Carex Karoi</i>	2	2	2	1	2	2	—	—	—
<i>Alopecurus glaucus</i>	1	1	1	3	4	4	—	—	—
<i>Equisetum palustre</i>	3	3	3	—	—	—	2	2	2
<i>Taraxacum officinale</i>	4	2	2	—	—	—	1	2	2
<i>Silene repens</i>	—	—	—	—	—	—	7	7	7
Всего	38	49	53	16	38	43	32	51	59

Всходы	Повторности					
	1		2		3	
	30/V	15/VIII	30/V	15/VIII	31/V	15/VIII
<i>Carex enervis</i>	6	19	3	37	2	18
<i>Carex Karoi</i>	2	2	—	—	—	—
<i>Poa tibetica</i>	4	9	1	8	4	5
<i>Cirsium esculentum</i>	1	2	12	12	—	—
<i>Taraxacum officinale</i>	1	1	—	—	6	2
<i>Equisetum palustre</i>	2	2	1	1	—	—
<i>Alopecurus glaucus</i>	—	—	2	2	—	—
<i>Ranunculus pedatifidus</i>	—	—	6	5	4	4
<i>Carex orbicularis</i>	—	—	3	3	—	—
<i>Silene repens</i>	—	—	—	—	2	2
Всего	16	35	28	68	18	31

Много семян обнаружено и в верхних горизонтах почвы (табл. 4). Из них проросло за период проращивания (6 месяцев) 29,5%.

Осочковые степи представлены небольшими фрагментами на неполиваемом участке урочища Кара-Тюргунь.

Основную массу травостоя составляет осока твердоватая (*Carex duriuscula*); в небольшом количестве встречаются другие травянистые многолетки: лапчатка двулопастная (*Potentilla bifurca*), одуванчик бессарабский (*Taraxacum bessarabicum*), полынь сизая (*Artemisia glauca*) и иногда отдельные экземпляры мятлики тибетского (*Poa tibetica*).

Проективное покрытие 55—56%, задернованность — 1,5—2%. Травостой однородный по высоте и видовому составу. Ярусы не выделяются. Все растения имеют ксероморфную структуру, которая выражается в низкорослости (средняя высота травостоя 5—7 см), свернутости в трубку или

опушенности листовых пластинок. По своему морфологическому строению виды, слагающие ассоциацию, представлены корневищными (осока твердоватая, лапчатка двулопастная, полынь сизая) и стержнекорневыми (одуванчик бессарабский) формами.

Здесь так же, как и в луговых описанных формациях, вегетативный способ размножения растений является основным. И здесь большая часть проростков осоки твердоватой (*Carex duriuscula*) появляется в осенний период (подсчеты проростков на осоковой степи не сделаны из-за трудности разграничения проростков осоки от взрослых экземпляров).

Семенная продуктивность сильно колебалась по годам. Так, в сухом 1955 г. с 1 м² в среднем собрано по 1050 колосков *Carex duriuscula* (что составляет 6300 семян с 1 м²), а в 1956 г. колосков было только 6 штук (табл. 3).

Потенциальный запас семян в почве осочковой степи довольно значительный, неравномерный, состоит как из семян степных растений, так и луговых, произрастающих на орошаемых площадях (табл. 4).

Выводы

1. Несмотря на довольно значительный потенциальный запас семян в почве и высокую семенную продуктивность злаково-осоковых, осоковых орошаемых лугов и осочковой степи семенное размножение в них весьма ограничено. За 2 вегетационных периода наблюдений в этих растительных группировках не обнаружено семенных проростков злаков и осок, доминирующих в травостое*.

2. Количество всходов зависит от типа луга, от плотности дернины и степени увлажнения. Это видно из сравнения злаково-осоковых и осоковых орошаемых лугов как между собой, так и с осочковой степью. Несмотря на то, что потенциальный запас семян и семенная продуктивность злаково-осоковых и осоковых орошаемых лугов почти одинаковы (на последних она несколько выше), общее количество проростков за один вегетационный период меньше на осоковом лугу. В местах же с нарушенной дерниной и недостаточным увлажнением (по краям суваков) обнаружена масса проростков луговых растений. Очевидно, задернованность не способствует семенному размножению. На осочковой степи при невысоком проценте задернованности и наличии в почве семян растений (как степных, так и луговых видов) семенное воспроизведение затруднено из-за недостаточной влажности почв.

3. Для возобновления орошаемых лугов в высокогорной Чуйской степи вегетативное размножение имеет большее значение, чем семенное. Оно в основном определяет состав и структуру описанных растительных сообществ. Литературные данные о соотношении между семенным возобновлением и вегетативным размножением разноречивы.

4. Общее количество всходов в эти два года исследований было примерно одинаковым.

5. Установлено два периода массового появления всходов: весенний и осенний. Гибель всходов в летний период наблюдалась сравнительно небольшая. Осенний подрост на всех трех типах ассоциаций был значительно больше весеннего.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
20/X 1957

* То же отмечает и И. В. Каменецкая [12] для растительности стрелецкой степи.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. Н. Крылов, Фито-статистический очерк Альпийской области Алтая. Томск, 1931.
2. В. И. Баранов, В. А. Шелудякова, К изучению степей юго-восточного Алтая. Тр. Сиб. сельхоз. академии, т. V, Омск, 1926.
3. В. В. Сапожников, Пути по русскому Алтаю. Новосибирск, 1956.
4. Д. И. Челышев, Естественные кормовые угодья высокогорной зоны Ойротии. Ойротоблнцздат, 1947.
5. А. В. Калинина, Растительность Чуйской степи на Алтае. Тр. Ботанического института АН СССР, сер. III, вып. 5, 1948.
6. М. Н. Смирнов, Растительность юго-восточного Алтая. Автореферат. Томск, 1951.
7. Е. И. Лапшина, Сенокосы Кош-Агачского аймака и их использование. Тр. Биологического института ЗСФАН, Новосибирск, вып. 2, 1956.
8. И. Д. Богдановская-Гиенэф, Семенное возобновление в луговых ценозах лесной зоны. Ученые записки Ленинградского ордена Ленина Гос. университета им. А. А. Жданова, серия биологических наук, вып. 34, 1954.
9. И. Д. Богдановская-Гиенэф, К вопросу о семенном возобновлении в луговых сообществах. Зап. Ленингр. с.-х. институт, т. III, 1926.
10. Т. А. Работнов, Живые семена в почвах лугов окской поймы. Вопросы кормодобывания, вып. 3, 1951.
11. Т. А. Работнов, Определение возраста и длительности жизни у многолетних травянистых растений. Успехи современной биологии, т. 24, вып. 1 (4), 1947.
12. И. В. Каменецкая, Задачи изучения семенного возобновления травянистых растений в степных и полупустынных условиях. Доклады на совещании по стационарным геоботаническим исследованиям. АН СССР, 1954.

Л. М. ПАХОМОВА

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Изучение особенностей водного режима многолетних трав и устойчивости их против обезвоживания во время засухи представляет большой интерес. Такое изучение дает возможность выявить наиболее засухоустойчивые формы и критические периоды в годичном цикле развития растений.

Вопросам водного режима многолетних трав посвящено сравнительно мало работ [1—6]. В условиях Башкирской АССР подобные исследования ранее не проводились; хотя они представляют определенный интерес, т. к. в степных и зауральских районах БАССР нередки засухи, от которых страдают не только однолетние, но и многолетние растения, произрастающие на сенокосах и пастбищах.

Опыты по изучению водного режима многолетних трав мы вели летом в 1953—55 гг. Наиболее полно (с учетом основных фаз развития) опыты были проведены в мае и июне 1955 г. Поэтому мы и приводим данные этого года.

Вегетационный период 1955 г. характеризовался повышенным температурным режимом весны и первой половины лета, что способствовало ускоренному развитию сельскохозяйственных культур, в том числе и многолетних трав. Среднемесячная температура была выше нормы на 2—4°, максимальная температура в мае доходила до 28—30°, а в июне — до 32—36°. Относительная влажность воздуха в дневные часы в мае падала до 30%, а в июне — до 19%. Все опыты проводились в ясные дни.

Нами исследовалось содержание воды в листьях и водоудерживающая способность тканей листа многолетних трав. Известно, что содержание воды в листьях оказывает очень большое влияние на процессы обмена веществ и, в частности, на фотосинтез растений, а водоудерживающая сила тканей листа, или стойкость их к обезвоживанию находится в прямой связи со стойкостью растений к завяданию. Объектом изучения были взяты клевер красный (*Trifolium pratense* L.), люцерна синегридная (*Medicago sativa* L.), люцерна желтая (*Medicago falcata* L.), эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC), эспарцет закавказский (*Onobrychis transcaucasica* Grossh.), донник белый (*Melilotus albus* Desr.), костер безостый (*Bromus inermis* Leyss.), костер прямой (*Bromus erectus* Huds. Nevski.), пырей бескорневищный (*Roegneria trachycaulon* (Link.) Nevski.), рэгнерия волокнистая (*Roegneria fibrosa* (Schrenk.) Nevski.), житняк гребневидный (*Agropyrum pectiniforme* R. et Sch.), житняк черепичатый (*Agropyrum imbricatum* R. et Sch.).

Подопытные растения высевались без покрова весной в 1953 и 1954 гг. на питомнике трав, в ботаническом саду, под г. Уфой. Содержание воды в листьях исследовалось в 8—9 часов утра. Пробы в 10—15 листьев брались в двух-четырех повторностях. Водоудерживающая способность растений определялась по потере воды срезанными листьями по методу А. А. Ничипоровича [7]. Повторные взвешивания производились в полевой лаборатории в течение пяти часов (с интервалами 1—1,5 часа).

Водоудерживающая способность выражалась в процентах оставшейся в листьях воды по отношению к первоначальному ее содержанию.

Рассмотрим особенности водного режима представителей различных родов, видов, экотипов и сортов изучавшихся нами многолетних трав.

Исследование содержания воды в листьях клевера красного (табл. 1 и 2) показало, что количество воды в них снижается к концу вегетации. У дикорастущих клеверов воды в листьях содержится меньше, чем у культурных. Необходимо отметить, что дикорастущие клевера имели и более ксероморфное строение по сравнению с культурными. Листья их были густо опушены. Особенно значительное опушение было у дикорастущего клевера с поймы р. Чермасана (из степной зоны БАССР). Г. И. Поплавская [8] указывает, что опушение растений помимо того, что оно является одним из приспособлений, понижающих транспирацию, дает возможность понизить влажность листьев, а, следовательно, и потребность в воде. В свете этих выводов Г. И. Поплавской понятно меньшее содержание воды в сильно опушенных листьях дикорастущих клеверов.

Таблица 1

Содержание воды и водоудерживающая способность листьев многолетних трав 2-го года жизни в 1955 г.

Название растений	Первоначальное содержание воды в листьях (в %)			Количество воды в листьях через 5 часов завядания (в %)		
	фазы			фазы		
	стеблевание	бутонизация (колошение)	цветение	стеблевание	бутонизация (колошение)	цветение
Клевера:						
красный Башкирский	78,5	75,2	69,8	77,2	70,0	61,4
красный дикорастущий с поймы р. Чермасана	77,3	73,4	70,9	74,1	75,1	72,1
красный дикорастущий Баймакского района (Зауралье)	76,9	—	69,2	74,1	—	59,1
Люцерны:						
синегридная Чишминская-130	77,5	67,3	68,9	63,0	76,1	71,5
желтая дикорастущая с поймы р. Белой	74,8	67,9	66,3	60,3	72,3	65,4
желтая дикорастущая из Зауралья	70,7	67,8	68,1	57,0	72,2	63,3
Эспарцеты:						
песчаный Чишминский-21	78,0	75,6	74,1	66,9	73,7	78,1
песчаный дикорастущий из Зауралья	78,0	73,8	72,7	65,9	74,3	76,0
Донники:						
донник белый Башкирский	84,2	76,7	71,6	73,2	76,0	81,8
Костры:						
безостый Уфимский	74,9	67,5	64,7	40,8	35,3	25,8
безостый дикорастущий из Зауралья	70,0	63,5	60,1	29,2	41,1	16,8
прямой Уфимский	75,8	69,7	64,0	37,6	25,7	12,3
Рэгнерии:						
пырей бескорневищный Уфимский	71,5	59,4	58,8	28,3	22,3	3,3
рэгнерия волокнистая Омская	72,8	63,8	59,8	32,7	31,5	9,1
Житняки:						
ширококолосый Чишминский-6	66,9	65,7	60,2	47,2	45,9	12,3
гребневидный дикорастущий из Зауралья	72,3	62,7	55,0	38,0	36,0	6,0
черепчатый дикорастущий из Зауралья	69,8	62,5	57,6	64,8	42,0	12,0

Таблица 2

Содержание воды и водоудерживающая способность листьев многолетних трав 3-го года жизни в 1955 г.

Название растений	Первоначальное содержание воды в листьях (в %)			Количество воды в листьях через 5 часов завядания (в %)		
	фазы			фазы		
	стеблевание	бутонизация (колошение)	цветение	стеблевание	бутонизация (колошение)	цветение
Клевера:						
красный Башкирский	78,7	74,0	69,3	71,9	61,8	51,1
красный дикорастущий с поймы р. Чермасана	77,1	73,4	73,2	72,9	71,6	62,6
красный дикорастущий с Южного Урала	76,3	72,7	71,3	71,8	65,8	64,4
Люцерны:						
синегридная Чишминская-130	75,7	67,8	67,9	61,0	64,8	61,1
желтая дикорастущая с поймы р. Белой	75,9	69,6	66,6	63,3	64,0	60,6
желтая дикорастущая с Южного Урала	74,8	66,7	63,9	49,2	66,4	56,0
Эспарцеты:						
песчаный Чишминский-21	78,4	73,9	74,1	70,7	77,1	78,1
гибридный Украинский-2795	78,9	74,7	74,5	72,7	72,7	78,9
закавказский Кубанский № 1	79,3	—	74,8	73,5	—	75,9
Костры:						
безостый Уфимский	72,3	68,2	58,7	38,8	29,6	8,5
безостый дикорастущий с Южного Урала	72,9	68,3	63,7	29,2	21,4	12,4
прямой Уфимский	76,2	68,4	59,2	42,2	26,2	4,9
Рэгнерии:						
пырей бескорневищный Уфимский	67,2	58,6	53,4	29,7	16,3	6,8
рэгнерия волокнистая Омская	71,4	64,3	59,4	37,5	20,6	6,8
Житняки:						
ширококолосый Чишминский	76,2	66,7	64,0	52,0	36,5	7,3
ширококолосый Краснокутский-4	70,4	66,5	58,3	52,4	35,4	6,3
гребневидный дикорастущий с Южного Урала	70,0	63,0	63,2	51,7	38,0	20,7

Результаты изучения водоудерживающей способности сортов и экотипов клевера показали, что водоудерживающая способность клевера, как и содержание воды в его листьях, снижается к периоду цветения, что согласуется с данными В. Ф. Корякиной [2] и А. И. Сметанниковой [4]. Потеря воды листьями клевера красного Башкирского в фазу цветения была гораздо больше, чем в фазу стеблевания (рис. 1), хотя температура и дефицит влажности воздуха в этот период были ненамного выше этих показателей в период стеблевания клевера. В большей степени это проявлялось у культурного клевера, чем у дикорастущего, т. е. дикорастущий клевер имеет более стабильную водоудерживающую способность листьев. У клеверов второго года жизни водоудерживающая способность выше, чем у трехлетних. Из всех изучавшихся клеверов наибольшая водоудерживающая способность листьев была у дикорастущего клевера с поймы р. Чермасана.

Проведенные нами исследования показывают, что у синегридной и экотипов желтой люцерны содержание воды в листьях, как и у клеверов, снижается к концу вегетации. В листьях люцерны синегридной Чишмин-

ской-130 воды содержится больше, чем в листьях желтых люцерн. Из экотипов желтой люцерны воды больше в листьях люцерны с поймы р. Белой (пойменного экотипа), чем у люцерн с Южного Урала и Зауралья (рис. 1). Таким образом, люцерны синегибридная Чишминская-130 и желтая с поймы р. Белой, отличающиеся большим содержанием воды в листьях,

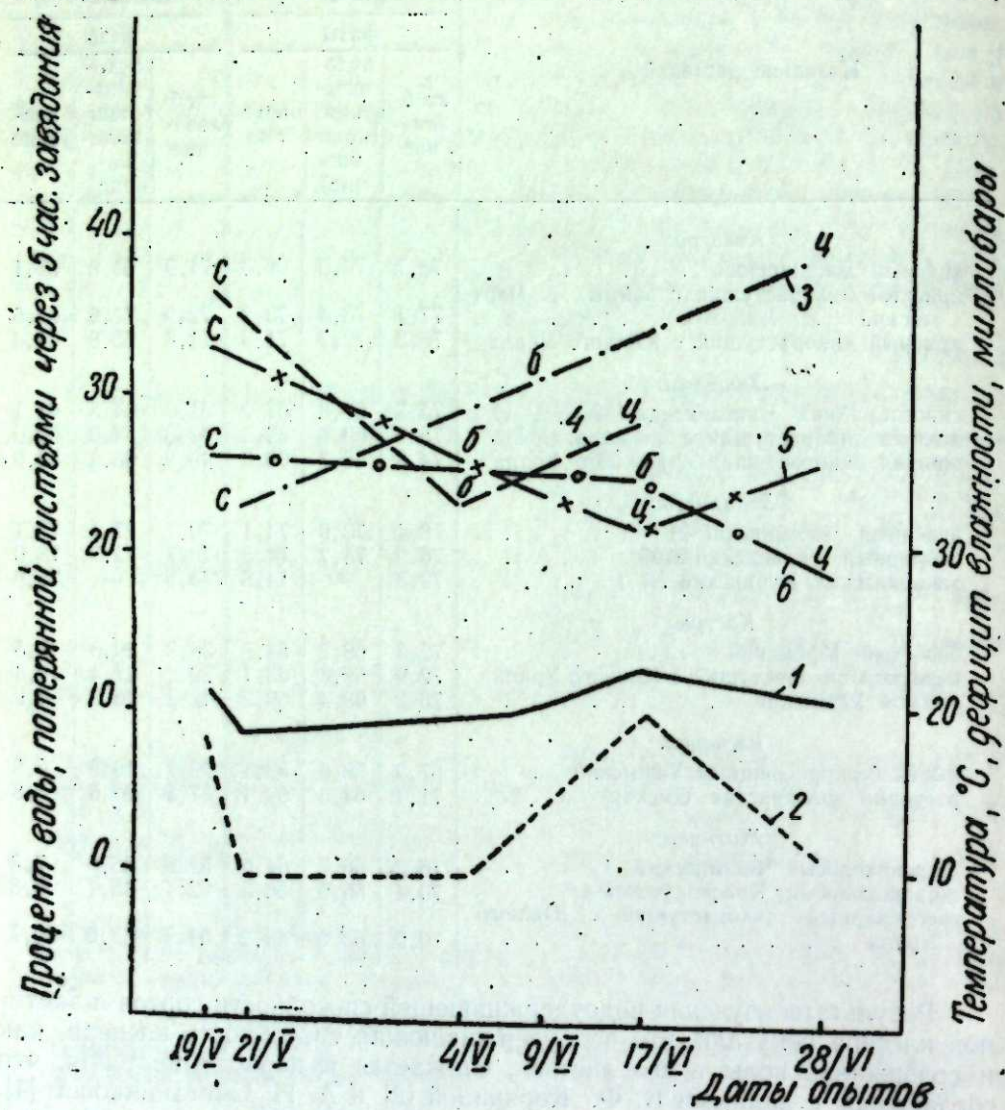


Рис. 1. Потеря воды срезанными листьями многолетних бобовых трав второго года жизни в разные фазы развития в соотношении с метеорологическими факторами. 1 — среднесуточная температура, 2 — дефицит влажности воздуха, 3 — клевер красный Башкирский, 4 — люцерна синегибридная Чишминская-130, 5 — эспарцет песчаный Чишминский-21, 6 — донник белый Башкирский. (Фазы развития: с — стеблевание, б — бутонизация, ч — цветение).

обладали и большей водоудерживающей способностью; желтые люцерны с Южного Урала и Зауралья содержали меньше воды в листьях и имели меньшую водоудерживающую способность.

Сорта возделываемого эспарцета в большинстве своем формировались в условиях умеренного и неустойчивого увлажнения. Поэтому эспарцет является культурой менее требовательной к влаге, чем люцерна и клевер. Наши исследования особенностей водного режима эспарцета подтвердили это. Изучавшиеся нами эспарцеты почти не различаются между

собой по содержанию воды в листьях, только у дикорастущего песчаного эспарцета из Зауралья воды в листьях меньше, чем у остальных. Водоудерживающая способность листьев эспарцета (табл. 1 и 2) высока. В фазу цветения по сравнению с фазой стеблевания, водоудерживающая способность тканей листа эспарцета возрастает. Она снижается лишь в конце цветения (рис. 1).

Многие исследователи [9—11] указывают на исключительную выносливость донника к неблагоприятным факторам внешней среды, в том числе и к засухе. Изучение засухоустойчивости донника, проведенное нами с помощью физиологических методов (в частности определение водоудерживающей способности тканей листа донника белого), подтвердило это положение. Из результатов исследований видно, что он содержит в листьях большое количество воды и имеет высокую водоудерживающую способность. Содержание воды в листьях донника в фазы бутонизации и цветения падает, водоудерживающая же способность тканей листа возрастает (табл. 1, рис. 1).

Рассматривая результаты исследований особенностей водного режима кустов второго и третьего года жизни, нетрудно заметить, что содержание воды в листьях кустов, как и у других многолетних трав, падает к концу вегетации. Водоудерживающая способность их листьев снижается в фазы выметывания (образования метелки) — цветения. Снижение водоудерживающей способности кустов в фазу цветения особенно сильно проявляется у куста прямого, в меньшей степени — у куста безостого, особенно дикорастущего с Южного Урала. Содержание воды и водоудерживающая способность у кустов второго года жизни выше, чем у кустов третьего года жизни. Падение содержания воды в листьях к концу вегетации и водоудерживающей способности листьев в период образования метелки и цветения слабее проявляется у кустов второго года жизни, чем у трехлетних кустов.

Необходимо отметить некоторые различия в водном режиме изучавшихся сортов и экотипов куста. У куста прямого, второго и третьего года жизни, содержание воды было выше, а водоудерживающая способность ниже, чем у куста безостого. Дикорастущий куст безостый с Южного Урала, относящийся к пойменно-луговому экотипу, содержал воды в листьях не меньше, чем куст безостый Уфимский, но у последнего водоудерживающая способность была выше, чем у куста безостого с Южного Урала. Дикорастущий куст безостый из Зауралья, относящийся к степному экотипу, содержал воды в листьях меньше, чем культурный куст безостый Уфимский.

Как интересный момент следует отметить возрастание у представителей степного экотипа куста водоудерживающей способности в начале образования метелки, по сравнению с фазой выхода в трубку, чего не было у остальных кустов. Период цветения у куста безостого из Зауралья был короче, чем у остальных кустов. Отмеченное возрастание водоудерживающей способности у него в период образования метелки, меньшая продолжительность цветения указывают на выработанную в процессе эволюции приспособленность его к засушливым, суровым условиям Зауралья.

Изучение особенностей водного режима пырея бескорневищного и рэгнерии волокнистой показало, что содержание воды в листьях пырея бескорневищного и рэгнерии волокнистой Омской к концу вегетации снижается. У растений второго года жизни содержание воды и водоудерживающая способность выше, чем у трехлетних растений. Содержание воды в листьях и водоудерживающая способность выше у рэгнерии волокнистой, чем у пырея бескорневищного.

Исследователи П. Н. Константинов, М. Г. Косарев, С. С. Шанин и Б. А. Карунин и др. [12—14] отмечали выдающуюся засухоустойчивость житняка. Однако С. С. Шанин и Б. А. Карунин указывали, что житняк не является растением-ксерофитом. Это довольно типичный мезофит, хорошо развивающийся лишь при наличии достаточной влажности почвы.

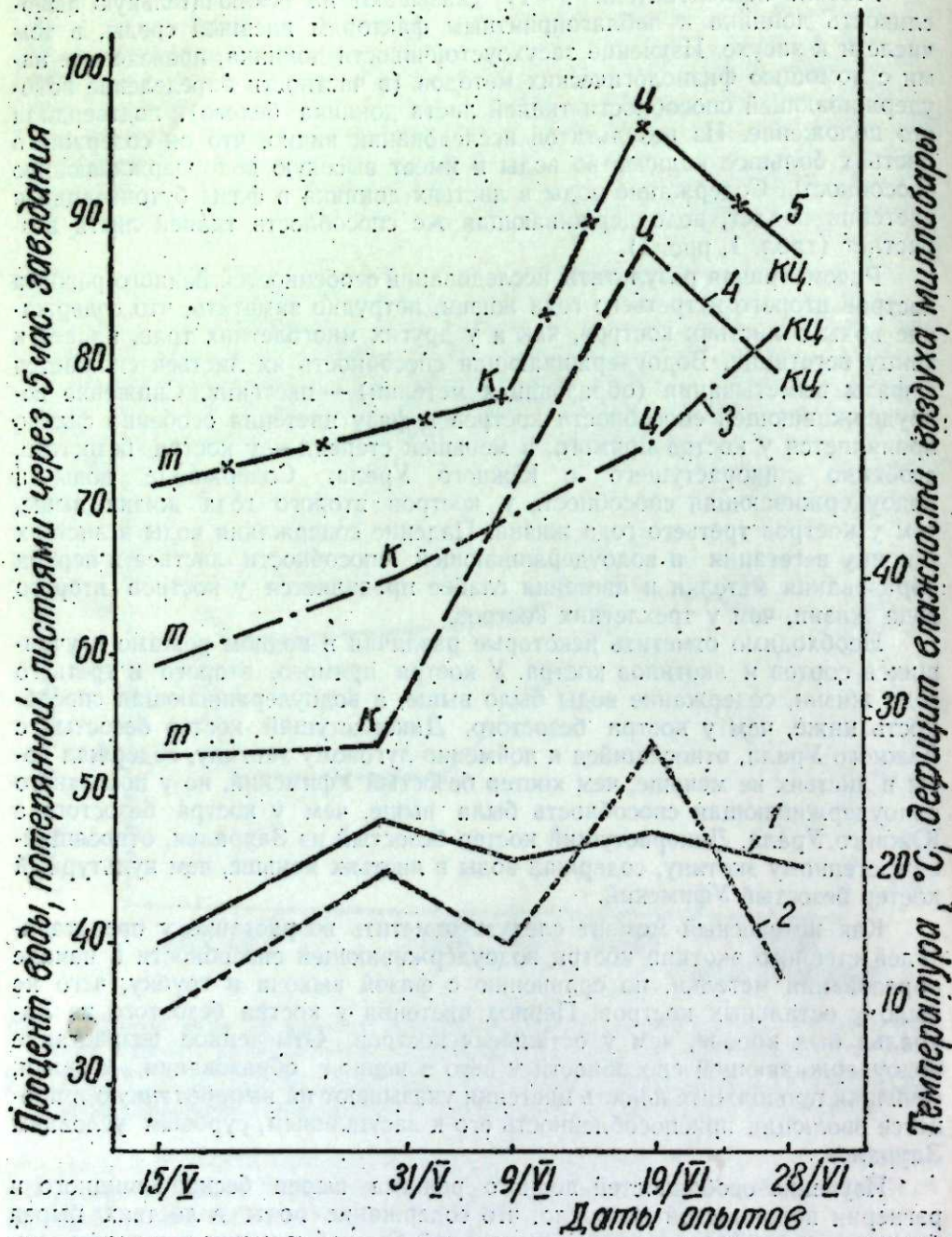


Рис. 2. Потеря воды срезанными листьями злаковых многолетних трав второго года жизни в разные фазы развития в соотношении с метеорологическими факторами. 1 — среднесуточная температура, 2 — дефицит влажности воздуха, 3 — костер безостый, Уфимский; 4 — житняк ширококолосый Чишминский-6, 5 — пырей бескорневищный, Уфимский. (Фазы развития: т — трубкование, к — колошение, ц — цветение, кц — конец цветения)

Исследования В. В. Скрипчинского [15] проливают свет на биологические особенности житняка, позволяющие ему расти в засушливой степи. В. В. Скрипчинский показал, что у житняка после созревания семян отмирание основной части репродуцирующего стебля не вызывает обязательного отмирания корней. Эти корни способны функционировать, добывать из глубоких слоев почвы воду и обеспечивать формирование и последующий рост побегов отрастания в течение летне-осеннего периода вплоть до весны следующего года.

Наши исследования позволяют отметить некоторые особенности водного режима житняка. Изучавшиеся нами сорта и экотипы житняка показывают, что содержание воды в листьях и водоудерживающая способность у них, как и у других злаковых многолетних трав, уменьшаются в фазу цветения.

Однако эти сорта и экотипы житняка различаются между собой по содержанию воды в листьях и водоудерживающей способности. Житняк ширококолосый Чишминский-6 и гребневидный дикорастущий из Зауралья содержат в листьях больше воды, чем ширококолосый житняк Краснокутский-4 и дикорастущие житняки гребневидный с Южного Урала и черепичатый из Зауралья. По водоудерживающей способности житняки можно расположить в следующем нисходящем порядке: гребневидный дикорастущий с Южного Урала, ширококолосый Чишминский-6, черепичатый дикорастущий из Зауралья, гребневидный дикорастущий из Зауралья и на последнем месте — житняк ширококолосый Краснокутский-4.

Таким образом, местный селекционный сорт житняка — Чишминский-6 и местные дикорастущие экотипы с Южного Урала и Зауралья показали в наших условиях большую водоудерживающую способность, чем инорайонный житняк Краснокутский-4, считающийся высокозасухоустойчивым сортом. Это еще раз подтверждает, что в селекции нужно использовать местные дикорастущие популяции трав.

Необходимо отметить, что костер безостый и житняк имеют наибольшую водоудерживающую способность среди изучавшихся злаковых многолетних трав.

Водоудерживающая способность листьев определяется как внутренним состоянием и особенностями растений, так и метеорологическими условиями, в которых оно находится. В дни проведения опытов по водоудерживающей способности злаковых многолетних трав в фазы колошения и цветения температура и дефицит влажности воздуха были гораздо выше, чем в фазу трубкования, поэтому наблюдалось очень резкое повышение потери воды листьями этих трав. Но, как видно из рис. 2, кривая потери воды листьями злаков от фазы трубкования к фазе цветения шла гораздо круче вверх, чем кривая температуры и дефицита влажности. Следовательно, понижение водоудерживающей способности листьев злаковых трав в фазу цветения было связано не только с метеорологическими факторами, но и со вступлением их в репродуктивную фазу.

Выводы

1. Содержание воды в листьях многолетних трав уменьшается к концу вегетационного периода, что связано со старением плазматических коллоидов их тканей.

2. В листьях бобовых многолетних трав содержится воды больше, чем в листьях злаков. Дикорастущие многолетние травы, в отличие от культурных, содержат воды в листьях меньше.

3. По содержанию воды в листьях многолетние травы можно расположить в таком нисходящем порядке: бобовые — донник белый, эспарцет песчаный, гибридный и закавказский, клевер красный, люцерна синегибридная, люцерна желтая; злаковые — костер безостый и прямой, житняк гребневидный, рэгнерия волокнистая, пырей бескорневищный.

4. Водоудерживающая способность у подопытных бобовых многолетних трав выше, чем у злаковых трав.

5. По водоудерживающей способности бобовые многолетние травы располагаются в следующем нисходящем порядке: донник белый, эспарцет песчаный, закавказский и гибридный, люцерна синегибридная, люцерна желтая и клевер красный; злаковые травы по тому же показателю — в следующем нисходящем порядке: житняк черепчатый и гребневидный, костер безостый, костер прямой, рэгнерия волокнистая и пырей бескорневищный.

6. Водоудерживающая способность в фазу цветения снижается у злаковых многолетних трав и клевера и возрастает у донника, эспарцета, люцерны.

7. Водоудерживающая способность сортов и экотипов клевера красного, люцерны синегибридной и желтой и костра безостого снижается с возрастом (у трехлетних растений она ниже, чем у двухлетних).

8. Приведенную группировку многолетних трав по особенностям водного режима надо учитывать для правильного размещения их по природным зонам Башкирской АССР. Донник и эспарцет из бобовых трав и костер безостый и житняк из злаковых можно размещать в засушливых степных и лесостепных районах республики, люцерну синегибридную и желтую — в более увлажненных лесостепных, а клевер красный, пырей бескорневищный и рэгнерию волокнистую — в достаточно увлажненных лесостепных и лесных районах.

Башкирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
25/VII 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Г. Андреев, Костер безостый и его агробиологические особенности. Тр. Саратовского зоотехнического института, том 2, Саратов, 1944.
2. В. Ф. Корякина, Сравнительное эколого-физиологическое изучение трав в чистом и смешанном посеве. Сообщение 5. Тр. БИН(а) АН СССР, сер. 4, вып. 8, 1951.
3. А. И. Сметанникова, К сравнительной физиологической характеристике некоторых видов люцерны. Тр. БИН(а) АН СССР, сер. 4, вып. 7, 1950.
4. А. И. Сметанникова, Сравнительное эколого-физиологическое изучение многолетних трав в чистом и смешанном посеве. Сообщение 6. Тр. БИН(а) АН СССР, сер. 4, вып. 8, 1951.
5. Т. А. Малкина-Крупникова, Сравнительные физиологические особенности луговых ксерофитов и мезофитов. Тр. БИН(а) АН СССР, сер. 4, вып. 8, 1951.
6. А. И. Данилов, Газообмен у ксерофильных и мезофильных злаков при одинаковых экологических условиях. Тр. БИН(а) АН СССР, сер. 4, вып. 6, 1948.
7. А. А. Ничипорович, О потере воды срезанными растениями в процессе завядания. Журн. Опытная агрономия Юго-востока, 3, 1, 1926.
8. Г. И. Поплавская, Некоторые новые данные о значении волосяного покрова у растений. ДАН, т. 95, № 1, 1954.
9. В. В. Суворов, Донник. Культурная флора СССР, т. 13, М.—Л., 1950.
10. Н. А. Мелешко, Донник, Сельхозгиз, М., 1934.

11. В. А. Михеев, О культуре донника белого в БАССР. Сб. работ по кормодобыванию Башкирской опытной станции животноводства, вып. 2, 1947.
12. П. Н. Константинов, Житняк и его культура на засушливом юго-востоке Европейской части СССР. М.—Самара. Ср. Волжск. краев. Госиздат, 1933.
13. М. Г. Косарев, Житняк, Сельхозгиз, М., 1941.
14. С. С. Шаин и Б. А. Каруни, Житняк, М., 1950.
15. В. В. Скрипчинский, Продолжительность жизни и функционирования корней у разных форм многолетней ржи и житняка. ДАН, т. 101, № 2, 1955.

ХРОНИКА

ВТОРАЯ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА СИБИРИ

С 12 по 15 сентября 1957 г. в Новосибирске проходила вторая научно-производственная конференция по рационализации лесного хозяйства Сибири, созванная Сибирским отделением АН СССР, Отделением лесоводства и агролесомелиорации ВАСХНИЛ и Новосибирским правлением НТОлеспром.

В работе конференции приняло участие более двухсот представителей Уральского, Западно-Сибирского и Дальне-Восточного филиалов АН СССР, ВАСХНИЛ, Института леса АН СССР, Ленинградской лесотехнической академии, Московского, Воронежского, Уральского и Сибирского лесотехнических институтов, Алтайского, Омского и Казахского сельскохозяйственных институтов, ВНИИЛМ, ВНИАЛМИ, ЛенНИИЛХ, СибНИИЛХ, лесхозов и управлений лесного хозяйства Алтайского и Красноярского краев, Новосибирской, Томской, Омской, Кемеровской, Тюменской, Иркутской, Курганской областей, Главного управления лесного хозяйства МСХ РСФСР и Каз. ССР, а также работники лесохозяйства, проектных организаций и Совнархозов. На конференции было заслушано 29 докладов и 28 выступлений в прениях.

Конференция обсудила результаты научных исследований и производственного опыта в области изучения природы леса и улучшения ведения лесного хозяйства Сибири и Казахстана.

Е. Т. Курносков (Главное управление лесного хозяйства и полевых работ лесоразведения МСХ РСФСР) в своем докладе остановился на состоянии лесного хозяйства в Западной Сибири и основных задачах ведения хозяйства в будущем.

В докладе В. Г. Достала (Гипролеспром) «Генеральная схема промышленного освоения лесов Обь-Иртышского бассейна» были изложены перспективы и намечены пути наиболее рационального использования лесосырьевых ресурсов Тюменской, Томской, Омской, Новосибирской и Кемеровской областей, а также Алтайского края. В генеральной схеме предусматривается правильное размещение производственных сил по использованию запасов древесины, причем одной из серьезных задач поставлено развитие деревопереработки и рационального использования отходов древесины.

Г. В. Крылов (Сибирское отделение АН СССР) в докладе «Направление улучшения использования лесных ресурсов и ведения лесного хозяйства Западной Сибири в зональном типологическом разрезе» дал схему применения дифференцированного подхода к лесохозяйственным мероприятиям, исходя из зонально-типологических особенностей лесов Западной Сибири. В докладе было обосновано проведение первоочередных лесоводственных мероприятий в зависимости от природно-экономических условий.

Л. Ф. Демидовская (Институт ботаники Академии наук Каз. ССР) в докладе «Березовые колочные леса Северного Казахстана и их типы» сообщила о типах колочных березовых лесов и направлении ведения хозяйства в них в условиях Северного Казахстана.

А. В. Гордеев (ЛенНИИЛХ) в докладе «Лесоводственные требования к организации технологического процесса лесозаготовок» на основе исследований института дал анализ тракторной и тросовой трелевки хлыстов и деревьев в сосняках, ельниках, березняках и осинниках в разное время года и сделал основные выводы по применению того или другого вида трелевки с целью сохранения максимального количества подроста на лесосеке.

На конференции был зачитан доклад И. М. Маркова (Томский обл. краеведческий музей) «К постановке проблемы комплексного использования кедровых лесов, разрабатываемой на заочной конференции Томского областного краеведческого музея», в котором подводятся итоги заочной конференции. В докладе рассмотрены следующие вопросы: периодичность урожайности кедров, естественное и искусственное возобновление, причины преждевременной гибели кедровых шишек, биология кедров в зависимости от места его обитания, современное состояние кедровых лесов, охрана кедровых массивов, комплексное использование кедров.

В докладе Н. Г. Салатовой (Новосибирский совнархоз) «Выявление лесных ресурсов Западной Сибири за советский период» дан анализ современного представления о лесных ресурсах и показана картина лесочетных работ, проведенных различ-

ными организациями за период с 1924 по 1956 гг. Отмечено, что при наличии площади лесов в 142 млн. га (в т. ч. лесопокрытой 72 млн. га) общий объем лесохозяйственных работ, лесохозяйства и лесонинвентаризации составил более 230,3 млн. га или лесочетными работами площадь лесов перекрыта почти в два раза.

В сообщении В. М. Пикалкина (Московский лесотехнический институт) был обобщен имеющийся опыт использования вертолетов для лесохозяйства. Отмечено значительное облегчение организации лесохозяйственных работ, так как сокращается объем трудоемких наземных работ и потребность в специалистах, рабочих и транспорте.

В докладе проф. Б. П. Колесникова (Уральский филиал АН СССР) были изложены оригинальные взгляды на генетическую классификацию типов леса. Докладчик, подробно разобрав положение в лесной типологии, предложил обратить внимание на разработку типологических классификаций, в основе которых лежат генетические процессы, происходящие на конкретных участках территории в течение двух-трех столетий. В докладе дано новое определение типа леса и подчеркнута необходимость первоочередного проведения лесорастительного районирования и накопления фактов по изучению ареалов типов леса, типов условий лесорастения, динамических смен различного порядка и продолжительности (вековых онтогенетических, вековых экологических, восстановительных, кратковременных и т. д.).

Л. Н. Грибанов (Казахский СХИ) в докладе «Влияние деревьев старшего поколения на рост и морфологические особенности соснового подростка в ленточных борах на Обь-Иртышском междуречье» показал, что основной причиной угнетения соснового подростка, растущего в конусе тени деревьев старшего поколения леса, является конкуренция корневых систем. Поэтому, по его мнению, целесообразно убирать единичные деревья на лесокультурной площади.

Ю. О. Чимирев (Казахский институт лесного хозяйства) в докладе «К обоснованию способов рубок главного пользования в пихтовых древостоях Ленингорского лесхоза Восточно-Казахстанской области» наметил рекомендации по проведению постепенных рубок в пихтовых лесах, которые вызвали возражения со стороны некоторых участников конференции.

Вопросам борьбы с лесными пожарами в Сибири были посвящены доклады Н. Н. Егорова (Воронежский лесотехнический институт) «Научные основы охраны лесов от пожаров»; С. Н. Успенского (Главное управление лесного хозяйства Каз. ССР) «Лесные пожары от молний и меры их предупреждения в ленточных борах Прииртышья»; В. И. Скворецкого (Зап.-Сиб. авиабаза охраны лесов) «Применение вертолета в охране и защите лесов в Западной Сибири»; А. А. Васильева (Иркутская авиабаза охраны лесов) «О принципах планирования противопожарных мероприятий»; Н. П. Курбатского (ЛенНИИЛХ) «Современное состояние и ближайшие задачи борьбы с лесными пожарами»; И. И. Неудачина (Иркутское управление лесного хозяйства) «Новое в системе организации охраны лесов от пожаров».

В докладах Н. Г. Коломийца (Сибирское отделение АН СССР) «Состояние и задачи защиты лесов Западной Сибири»; П. П. Окунева (ЛенНИИЛХ) «Очередные задачи науки и практики по борьбе с сибирским шелкопрядом в Западной Сибири»; А. И. Воронцова (Московский ЛТИ) «Роль лесозащиты в повышении продуктивности лесов» были обобщены вопросы санитарного состояния лесов и показаны пути защиты лесов Сибири от энтомофагов.

В выступлении К. Б. Лосицкого (ВНИИЛМ) была изложена программа разработки мероприятий в перспективном плане развития лесного хозяйства Новосибирской области.

Е. Я. Судачков (ВНИИЛМ) остановился на вопросах экономической эффективности лесохозяйственных мероприятий.

По вопросам семенного дела конференция обсудила два доклада: пл.-корр. ВАСХНИЛ А. В. Альбенского «Селекция и семеноводство деревьев в лесах Сибири» и Т. П. Некрасовой «Состояние и задачи лесосеменного дела в Западной Сибири» (Сибирское отделение АН СССР). Т. П. Некрасова, анализируя состояние лесосеменного дела в Западной Сибири, оценила его как совершенно неудовлетворительное, обеспечивающее только количественную сторону, но не качественную; А. В. Альбенский в своем докладе особенно подчеркнул значение наследственных свойств семян в повышении производительности наших лесов, изложил зарубежный опыт по организации правильного семеноводства и призвал работников науки и лесного хозяйства начать в Сибири серьезную, планомерную работу по получению ценных лесных семян, пользуясь методом селекции. Проф. П. Л. Богданов (Ленинградская лесотехническая академия) в своем докладе рекомендовал использовать известь, как средство борьбы с мхами при производстве лесных культур на замшелых вырубках. В докладе С. И. Кабалина (Новосибирское управление лесного хозяйства) был изложен опыт разведения ценных древесных пород (кедра, лиственницы, дуба, сосны и др.) в лесных культурах Новосибирской области. Проф. В. В. Берников (Омский сельскохозяйственный институт) показав в своем докладе роль защитных лесных полос в сельском хозяйстве, рекомендовал проводить посадки лесополос в траншеи, суживая ширину полос до

трех рядов. Эта рекомендация вызвала обоснованное возражение С. И. Кукиса (Алтайский сельскохозяйственный институт).

В. А. Дудин (Томское управление лесного хозяйства) в докладе «Проблема использования и восстановления шелкопрядников в Томской области» показал возможность комплексного использования сухостойных древостоев, направленного на получение разнообразной продукции, и изложил свои соображения о способах восстановления, высказав мнение, что основным способом восстановления должен быть естественный. В сообщении П. Ф. Фомина (Хакасская сельскохозяйственная опытная станция) был освещен опыт интродукции древесно-кустарниковых пород в степной зоне Хакасско-Минусинской впадины.

В сообщении Я. И. Четина (Омский СХИ) были освещены засухоустойчивость и особенности роста ели, сосны, лиственницы и березы в условиях агролесомелиоративной зоны Западной Сибири.

На конференции было много и других интересных выступлений, которые мы не можем привести здесь из-за ограниченного объема настоящей заметки.

В принятом конференцией решении отмечено, что за последние годы в Сибири несколько усилились исследования по лесной типологии, лесоводственному районированию, использованию и охране лесных ресурсов, лесным культурам и защитному лесоразведению. Наряду с этим была отмечена крайняя малочисленность в Сибири научных учреждений, работающих в области лесной науки.

В решении даны рекомендации по развитию исследований в области лесоведения и лесоводства, охране и защите леса; намечены также мероприятия по освоению лесов; улучшению лесоустройств, лесному семеноводению и семеноводству, лесомелiorации и лесным культурам. Конференция высказала мнение о необходимости издания государственного закона по охране и рациональному использованию природных богатств, об организации самостоятельного органа по управлению лесным хозяйством при Совете Министров РСФСР, о передаче колхозных и совхозных лесов в ведение органов лесного хозяйства, о целесообразности созыва Всероссийского съезда лесоводов, об организации журнала «Лесное хозяйство Сибири» и т. д.

На конференции был обсужден и одобрен профиль института леса и лесоведения, который намечено создать в составе Сибирского отделения Академии наук СССР. Конференция обратилась к Президиуму Академии наук СССР и Министерству Высшего образования СССР с просьбой увеличить число вакансий для подготовки научных кадров по лесным наукам для Сибири и Дальнего Востока.

Одновременно с конференцией были проведены несколько научных экскурсий и читательская конференция по журналу «Лесное хозяйство».

Г. В. Крылов, Л. А. Ламин

СОВЕЩАНИЕ ЗООЛОГОВ СИБИРИ

С 25 по 28 ноября 1957 г. в Новосибирске проходило первое совещание зоологов Сибири, созданное Западно-Сибирским филиалом Академии наук СССР.

В работе совещания приняли участие представители 52 научно-исследовательских учреждений, высших учебных заведений и производственных организаций Сибири и Дальнего Востока. Было заслушано и обсуждено 60 докладов.

Открыл совещание заместитель председателя Сибирского отделения АН СССР проф. Т. Ф. Горбачев.

Обзор исследований животного мира Сибири за советский период сделал проф. С. У. Строганов (ЗСФАН СССР).

Великая Октябрьская социалистическая революция создала все предпосылки для форсированного развития зоологических исследований. Изучение животного мира было тесно связано с задачами хозяйственного и культурного строительства Сибири. Этот период характеризуется плановым развертыванием работ; оживлением прежних и развертыванием новых направлений исследований; организацией на местах широкой сети филиалов центральных академических и ведомственных научно-исследовательских учреждений и кафедр зоологического профиля сибирских высших учебных заведений, а также привлечением к сотрудничеству в них практических работников, имеющих дело с природой; организацией заповедников и стационаров; применением более эффективных методов исследований; внедрением в практику результатов законченных работ и публикацией их.

В заключение докладчик осветил задачи дальнейшего изучения животного мира Сибири: а) продолжение разработки региональной фауны Сибири и ее отдельных районов; б) экологические исследования в направлении разработки научных основ планового освоения промысловых фаунистических ресурсов, преобразования фауны, а также разработки биологически обоснованных систем мероприятий по борьбе с вредными для хозяйства и дела здравоохранения элементами фауны.

Проф. А. В. Федюшин (Омский СХИ) доложил о научной деятельности кафедры зоологии Омского сельскохозяйственного института и о главных направлениях зоо-

логических исследований в Западной Сибири. По мнению докладчика, в Западной Сибири необходимо планомерное изучение фауны, зоогеографии и экологии сибирских животных под углом разработки научных основ охотничьего промысла, гидробиологических мероприятий и борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства. Кроме того, нужно разрабатывать краевую паразитологию в зональном и районном аспектах.

С докладом «Спорные вопросы современной экологии» выступил проф. Б. Г. Иоганзен (ТГУ). Он подверг критике существующие определения экологии и мотивировал следующее определение: экология — это общепаразитологическая наука о закономерностях взаимоотношений организмов и среды, изучающая образ жизни животных и растений, их продуктивность, динамику численности популяций и природу биоценозов. Докладчиком подробно рассмотрен вопрос о связи экологии с др. биологическими дисциплинами и о ее практическом значении.

В докладе проф. А. И. Куренцова (ДВФАН СССР) «О задачах региональной зоогеографии (опыт составления зоогеографии Приамурья)» предложена оригинальная зоогеография Приамурья. По мнению автора, одна из главных задач региональной зоогеографии — изучение взаимоотношений ареала и станции у животных. Это дает возможность установить экологические группировки фауны и обнаружить закономерности ее вертикального и горизонтального распространения. Важную задачу региональной зоогеографии автор усматривает в детальном зоогеографическом районировании.

Кандидат биологических наук А. И. Черепанов (ЗСФАН СССР) в докладе «К вопросу о зоогеографическом районировании Западной Сибири» на основании исследования фауны насекомых (преимущественно жуков-щелкунов) предлагает выделить в пределах Западной Сибири 14 зоогеографических округов.

Проф. П. И. Мариковский (ТГУ) доложил о двух формах общественной жизни лесного муравья.

Секция зоологии беспозвоночных обсудила исследования фауны и зоогеографии насекомых, экологии и прогнозирования энтомофауны, а также хозяйственного использования некоторых беспозвоночных. Заслушаны доклады Б. Ф. Бельшева (Бийский краеведческий музей) «Зоогеографические подразделения верхнего Приобья на основании распространения стрекоз», доц. Н. М. Воскресенского (Курганский с.-х. институт) «К лепидоптерофауне Курганской области», Ю. И. Запекниной-Дулькейт (заповедник «Столбы») «Веснянки Алтае-Саянских горно-таежных водоемов» и др.

Детальному разбору подверглись вопросы исследования сибирского шелкопряда и скрытостволовых вредителей на его очагах. С докладом «Сибирский шелкопряд на Амуре» выступил Л. А. Ивлиев (ДВФАН СССР); канд. биол. наук В. О. Болдаруев (СибНИИЛХ) доложил «Экологические основы и пути хозяйственного использования паразитов сибирского шелкопряда»; канд. биол. наук А. Б. Гукасян (ЗСФАН СССР) сделал сообщения «Нормальная микрофлора гусениц сибирского шелкопряда» и «Инфекционный дерматит гусениц сибирского шелкопряда»; канд. биол. наук Г. О. Кривоуцкая прочла доклад «О распространении скрытостволовых вредителей на очагах сибирского шелкопряда в Западной Сибири».

Докладчиками и выступавшими в прениях высказаны соображения об организации биологического метода борьбы с сибирским шелкопрядом.

Энтомофауне сельского хозяйства были посвящены доклады канд. биол. наук Г. С. Золотаренко (ЗСФАН СССР) «Биотопическое размещение подгрызающих совок в подтаежной и лесостепной полосе Западной Сибири» и Ю. П. Александрова (Алтайский и.и. инст. с. х.) «Практика прогнозирования появления сельскохозяйственных вредителей в Алтайском крае».

На секции зоологии позвоночных заслушаны и обсуждены доклады по разделам: экология отдельных видов наземных позвоночных; вопросы охраны животного мира и акклиматизации пушных зверей; вопросы количественного учета промысловых форм, организации исследований.

Канд. биол. наук Г. Ф. Бромлей (ДВФАН СССР) в докладе «Состояние популяции дикого пятнистого оленя и горала на юге Дальнего Востока» указал на сокращение ареалов и численности этих ценных и редких зверей. Автор выяснил причины данного явления и предложил ряд мероприятий для охраны остатков популяции этих видов на Дальнем Востоке.

В докладе доц. Ф. Д. Шапошникова (Тюменский пединститут) «Материалы по экологии горных баранов западных отрогов Таласского Ала-Тау и Кара-Тау» охарактеризован образ жизни малоизученных животных и рассмотрены сложные отношения, возникающие между дикими копытными и домашним скотом на горных пастбищах.

Канд. биол. наук Г. Д. Дулькейт (заповедник «Столбы») в докладе «Распределение и миграции млекопитающих горной тайги Восточных Саян в зависимости от режима снежного покрова» показал роль снежного покрова в жизни горно-таежных зверей, их биотопическое размещение, сезонные перекочки и т. п.

Вопросам биологии акклиматизированной в Сибири ондатры было посвящено 5 докладов. Из них особый интерес представляют доклады канд. биол. наук Г. К. Корсакова (ВНИИЖП) «Плодовитость ондатры в лесостепи Западной Сибири в зависимости от факторов среды» и ст. научн. сотрудника Ю. Н. Климова (Зап.-Сиб. отд.

ВНИИЖП) «Размножение ондатры в водоемах Барабинской лесостепи», осветившие ряд вопросов о состоянии популяции изучаемого вида.

В докладах ст. научн. сотрудника В. Н. Надеева (Зап.-Сиб. отд. ВНИИЖП) «Итоги и перспективы исследования соболя Западной Сибири» и К. Д. Нумерова (Красноярское отд. ВНИИЖП) «Распространение и реакклиматизация соболя в Красноярском крае» рассмотрена проблема соболя. Отмечено быстрое увеличение численности и восстановление прежнего обширного ареала этого зверька.

Доклад канд. биол. наук А. И. Гизенко (Сахалинский комплексный инст. АН СССР) «Фотопанорамический метод учета численности морских котиков на острове Тюленьем» был посвящен одному из новых методов изучения промысловых зверей. В докладе канд. биол. наук К. Т. Юрлова (ЗСФАН СССР) «Опыт аэровизуального исследования биотопического размещения и численности копытных в Западной Сибири» следования продемонстрирована возможность количественного учета с самолета лося и себеля. Проведены исследования возможности учета оленя в условиях ландшафтов Западно-Сибирской низменности и на конкретных примерах показана перспективность аэровизуального метода для экологических и биогеографических исследований копытных зверей.

Секция медицинской зоологии обсудила ряд вопросов, связанных с изучением существующих природных очагов трансмиссивных болезней в Западной Сибири.

Канд. биол. наук В. М. Попов (Томск НИИВС) в докладе «Задачи медицинской зоологии в области изучения фауны Западной Сибири» обратил внимание на необходимость, наряду с продолжением работ по инвентаризации фауны кровососущих и других хранителей и переносчиков инфекции, форсирования исследований по экологии животных, опасных в эпидемиологическом отношении.

Канд. биол. наук А. А. Максимов (ЗСФАН СССР) прочел доклад «Зоологическое обоснование ландшафтной типизации природных очагов туляремии Западной Сибири», в котором предложил при выделении разных ландшафтных типов очагов туляремии ориентироваться на эпидемически опасные виды грызунов, которые могут служить своеобразными индикаторами разных очаговых биоценозов. По этому признаку им выделен болотно-озерно-речной интразональный тип, индикатором которого является водяная крыса.

Доклады Г. И. Кирьянова (Алтайский край, СЭС) «К вопросу об эпизоотологии водяной крысы в Алтайском крае», П. А. Пантелева (Тобольский краеведческий музей) «Типы поселений водяной крысы в Волго-Ахтубинской пойме» и др., заслушанные на этой секции, касались вопросов экологии водяной крысы и эпидемически опасных видов насекомых.

Важнейшими первоочередными задачами в изучении животного мира Сибири признаны следующие проблемы: а) продолжение разработки региональной фауны Сибири и ее отдельных районов (проблема инвентаризации фауны); б) экологические исследования в направлении разработки научных основ планового освоения промысловых фаунистических ресурсов, интродукции и акклиматизации, преобразования фауны, а также разработки биологически обоснованных систем мероприятий по борьбе с вредными для хозяйства и дела здравоохранения элементами фауны. Особенно должны привлечь внимание биологические методы борьбы с вредителями.

Участники совещания акцентировали внимание на необходимости осуществления некоторых организационных мероприятий, обеспечивающих рост и прогрессивное развитие исследований животного мира с повышением биологической продуктивности охотничьих угодий и водоемов. Участники совещания единодушно высказались за создание при Сибирском отделении Академии наук СССР Зоологического института.

С. У. Строганов, К. Т. Юрлов

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

ЦЕННОЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Вышедший в свет библиографический справочник «Железные руды» * является первой капитальной библиографией по данному вопросу. Большое значение его очевидно, особенно если учесть, что регулярные реферативные журналы по отдельным разделам наук начали издаваться недавно. До сих пор библиографических справочников издано пока очень мало; они отсутствуют по многим важнейшим отраслям промышленности.

Издание Академией наук СССР библиографии по железным рудам представляет серьезный сдвиг в данной области. По большинству разделов этот справочник, включающий всю опубликованную до 1955 г. литературу, является квалифицированной библиографической работой, представляющей результат многолетнего труда ее составителя — экономиста широкого профиля по специальности.

За немногими исключениями эта библиография является аннотированной, что делает ее особенно ценной. Она содержит три раздела: геологии месторождений руд СССР; эксплуатации железорудных месторождений в СССР и зарубежных странах; обогащения и подготовки железных руд в СССР и зарубежных странах. В эти разделы входят аннотации 10 557 работ. Они разделены на многочисленные части и главы, позволяющие читателю легко найти необходимый материал по интересующему вопросу. Так, в разделе геологии дано детальное подразделение литературы по общим вопросам (генезис, геохимия, минералогия, разведка и т. д.) и литературы с описанием месторождений по отдельным республикам, областям и районам СССР. Детально подразделены вопросы организации и экономики железорудной промышленности СССР и разработки железорудных месторождений, вопросы обогащения и подготовки железных руд и процессов обогащения.

Весьма ценным приложением является перечень использованных источников, в котором дана обширная библиография различных русских и зарубежных сборников, журналов и т. д., печатавших материалы по железным рудам. Многие источники упоминаются здесь впервые. К сожалению, в библиографии дан только указатель авторов, а предметный указатель отсутствует.

Серьезным недостатком справочника, по-видимому, связанным с задержкой в его издании, является отсутствие данных за 1955—1957 гг., т. е. за период, когда в стране произошли очень крупные сдвиги в железорудной базе и ее освоении, появилось много важных опубликованных материалов. Кроме того, в библиографию не включены фондовые работы периода 1945—56 гг. Издание аннотированной библиографии таких работ явилось бы весьма ценным и необходимым продолжением этого справочника.

В предисловии составителя указано, что с 1929 г. им велась также работа над составлением библиографии по коксующимся углям. Следует пожелать, чтобы библиография по углям СССР была подготовлена и издана как можно быстрее, так как нужда в такой библиографии очень велика, особенно сейчас, в период крупного роста угледобычи и черной металлургии в стране.

Н. А. Чинакал, Г. Л. Поспелов

* «Железные руды». Библиографический справочник. Составитель И. С. Шапиро. Изд. АН СССР, 1957.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
2	оборот титульного листа	<i>Н. Н. Дубинин</i>	<i>Н. П. Дубинин</i>
111	16 сверху	Чтобы найти хотя бы приближенную зависимость u' от y , обратимся	Учитывая зависимость <u>осредненного произведения u' от квадрата</u>
114	подпись под рис. 1.	2 — Ф. И. Пикалова при $\Delta = 2$ см.	2 — Ф. И. Пикалова при $\Delta = 2$ см

Технический редактор *Н. М. Потоцкая*. Корректоры: *О. Д. Соколова, Р. М. Вильнер*.

МН 03007. Подписано к печати 18 января 1958 г. Тираж 1000 экз. Заказ № 189. Формат бумаги 70×108₁₆=4,87 бум. л.—13,35 печ. л.+1 вклейка. 15,75 уч.-изд. л.

Новосибирское книжное издательство, Красный проспект, 18. Типография № 1 Полиграфиздата. Новосибирск. Красный проспект, 20. Цена 7 руб.

Цена 7 р.

