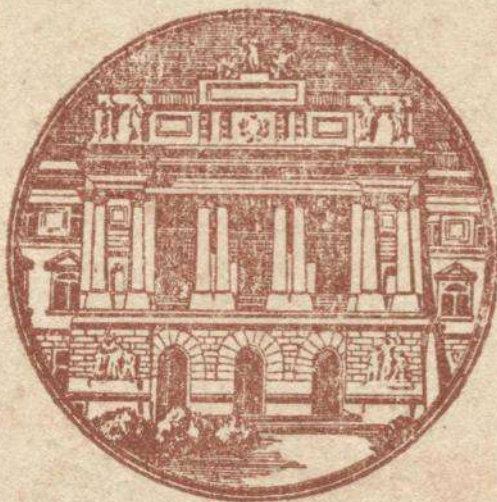


МВО УРСР

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ФРАНКА

ДОПОВІДІ ТА ПОВІДОМЛЕННЯ

ВИПУСК ШОСТИЙ
ЧАСТИНА ДРУГА



217_б

ВИДАВНИЦТВО
ЛЬВІВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ
1955

МВО УРСР

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ФРАНКА

ДОПОВІДІ ТА ПОВІДОМЛЕННЯ

ВИПУСК ШОСТИЙ, ЧАСТИНА ДРУГА

ВИДАВНИЦТВО
ЛЬВІВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ
1955

Відповідальний редактор
професор С. О. Гребінський

Друкується з дозволу ректора Львівського
університету члена-кореспондента АН УРСР
професора Є. К. Лазаренка

ГЕОГРАФІЯ

П. Н. ЦЫСЬ

К ВОПРОСУ О ДЕНУДАЦИОННЫХ УРОВНЯХ В СОВЕТСКИХ КАРПАТАХ

Горные денудационные поверхности и их уступы фиксируют прерывистые поднятия и имеют значение в познании истории горного рельефа и новейших движений.

Следует различать понятие «всеобщего пенеплена», возникающего на месте гор вследствие падения темпа поднятия и преобладания денудации, и понятие «горных денудационных поверхностей (уровней)», образующих периферическую систему ступеней.

В верхнем ярусе Советских Карпат сохранились реликты всеобщего Полонинского пенеплена, обладавшего низкогорным обликом. Последний включает в себя выравненные гребни хребтов (полонины) и поднимающиеся над ними современные вершины.

На юго-западном (закарпатском) склоне гор ниже уровня Полонинского пенеплена устанавливают два денудационных уровня. На северо-восточных склонах уровень Полонинского пенеплена образует уступ к Предкарпатыю.

В древний рельеф Полонинского пенеплена и денудационные поверхности глубоко врезаются вместе со своими меандрами долины поперечных рек, обладающие большой серией террас и эпигенетическим обликом.

Поверхность верхнего денудационного уровня юго-западных склонов Карпат срезает флишевые и неогеновые толщи (в том числе нижне- и среднесарматские осадки) и зафиксирована вулканогенными образованиями. Возраст поверхности обычно определяют как довулканический (предтеотический, верхне-сарматский).

Поверхность нижележащего денудационного уровня срезает флишевые и вулканические образования и имеет плиоценовый возраст. С ней связаны плиоценовые террасы древней Тиссы и ее притоков.

Представление о существовании «Предкарпатского плиоце-

нового пенеплена» требует критического пересмотра. Коренной цоколь здесь обладает значительными неровностями и погребен под аллювиальными и частично (в северо-западной части)—под флювиогляциальными наносами. В плиоцене в Предкарпатье существовала денудационно-аккумулятивная равнина.

Коррелятные (миоценовые) отложения Предкарпатского прогиба и Закарпатских впадин выражают восходящие движения Карпат, достигших наибольшей амплитуды в верхнем тортоне. В связи с этим нет оснований допускать ниже- или среднемиоценовый возраст Полонинского пенеплена. Возникновение последнего мы связываем с нижним сарматом.

Прерывистые поднятия и расчленение всеобщего пенеплена начались на границе нижнего и среднего сармата. О последнем свидетельствует отступление сарматского бассейна из области Предкарпатья, а в дальнейшем и развитие балтской дельтовой свиты.

Сарматские, верхнеплиоценовые и четвертичные прерывистые поднятия Полонинского пенеплена привели к формированию уступов денудационных уровней и террас вдоль речных долин.

Наиболее значительные прерывистые поднятия в паннонское время происходили во Внутренней антиклинальной зоне, где они были сопряжены с тектоническими разломами и вулканическими процессами. С этим связано наличие денудационных уровней именно на юго-западном склоне гор, уступы между которыми местами, возможно, имеют тектоническую предопределенность (междуречье Косовки—Шопурки).

В северо-западных Карпатах в предтортонское время существовал поднятый всеобщий пенеплен и нижележащий периферический денудационный уровень. При этом, последний уже был глубоко расчленен долинами, в которых сохранились отложения тортонской ингрессии.

К предтортонскому времени в Южных Карпатах также относятся два уровня — региональный пенеплен «Бореско» и периферическая денудационная поверхность «Рыул-Шес». Последняя покрыта тортонскими осадками.

Таким образом, Полонинский пенеплен и верхний денудационный уровень Советского Закарпатья не синхронны с пенепленами и денудационными уровнями других частей Карпатской дуги.

Особенности гипсометрического положения Полонинского пенеплена и денудационных уровней указывают на более интенсивные поднятия во внутренней и юго-восточной частях Советских Карпат.

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ СТОКА РЕК ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СОВЕТСКИХ КАРПАТ

Сток рек, как известно, формируется под влиянием ряда физико-географических факторов, к которым следует отнести особенности рельефа, геологического строения, климата и растительного покрова.

Особенности стока рек восточного склона Советских Карпат обуславливаются вертикальной зональностью, значительной высотой гор (до 2000 м над уровнем моря), залесенностью, большими уклонами склонов и крутым падением русел.

Вертикальная зональность создает асинхронизацию процессов таяния снега и растягивает их на длительный период; мы наблюдали значительные снеговые пятна на склонах Черногоры, сохранившиеся до конца июня. Это обуславливается и значительной залесенностью гор.

Общая направленность действия этих двух факторов способствует переводу части поверхностного стока в подземный.

Большие уклоны склонов и русел действуют в обратном направлении, а именно, способствуют быстрому сбеганию воды и формированию резко очерченных паводочных пиков. Этот фактор особенно ощутим, так как режим горных участков рек восточного склона Советских Карпат имеет паводочный характер, причем паводки вызываются не только таянием снега, но дождями, выпадающими в теплое время года. Даже зимой могут образоваться небольшие подъемы уровня воды в реках в результате оттепелей, вызывающих таяние снега.

Анализируя гидрографы двух наиболее значительных рек данного района — Днестра (у Николаева) и Прута (у Черновиц и Яремче), мы довольно отчетливо различаем три вида питания данных рек: дождевое, снеговое и грунтовое.

В зимний период горные участки рассматриваемых рек питаются подземными водами: Днестр — около 20 % всего сезонного стока, Прут — то же при выходе на равнину и около 50 % — в верховьях; снеговыми (талыми) водами Днестр — около 80 %, что объясняется частыми оттепелями в бассейне Днестра, и Прут — около 25 %; дождевое питание почти отсутствует в бассейне Днестра и довольно заметно для Прута.

Весной резко возрастает (в процентном отношении) доля питания снеговыми (талыми) водами, что выражается, например, для Днестра у Николаева в 70 % сезонного стока, при значительном участии дождевого питания.

Летом реки питаются дождями, причем как у Днестра, так и у Прута доля дождевого питания доходит до 80 % и

выше сезонного стока, с участием питания грунтовыми водами. Снеговое питание практически отсутствует.

В осенний период снова начинает появляться снеговое питание, образующееся в результате таяния уже выпавшего снега во время повышений температуры воздуха. Но основную роль играют дождевое и подземное питание.

В общем годовой сток данных рек складывается вышеприведенными видами питания в следующем соотношении: у Днестра — снеговое около 35 %, дождевое — около 50 % и подземное — 15 %; у Прута — снеговое около 25 %, дождевое — 40 %, подземное — 35 %.

Такая разница участия различных видов питания данных рек может быть предположительно объяснена тем, что створ, взятый на р. Прут (у Черновиц), находится на расстоянии 185 км от истока и испытывает на себе влияние огромной речной долины, выполненной аллювиальными отложениями, аккумулярующими в себе воду во время паводков и отдающими ее в реку в периоды низководья, а створ на Днестре (у Николаева) находится на значительно меньшем расстоянии от истоков реки и здесь влияние отложений речной долины, очевидно, меньшее. Кроме того, рассматриваемые части бассейнов получают неодинаковое количество осадков: Днестр больше, а Прут меньше.

П. Н. ЦЫСЬ

О ДРЕВНЕМ ОЛЕДЕНЕНИИ КАРПАТ

До настоящего времени нет общепринятого мнения о количестве древних оледенений в Карпатах.

Следами миндельского оледенения (подгале) в Татрах считают некоторые флювиогляциальные террасы. Здесь установлены также морены более обширного рисского (субтатрского) оледенения. Следы последнего, вюрмского (татрского) оледенения представлены ледниковыми цирками, карами, моренами, флювиогляциальными террасами.

Наиболее выраженные ледниковые комплексы Южных Карпат (Трансильванских Альп) также относят к вюрмскому оледенению. Следы рисского оледенения здесь изучены недостаточно.

Древнеледниковые комплексы установлены в массивах Родна и Марамуреш. В Советских Карпатах они известны на Черногоре, Свидовце, Раховском массиве и Чивчинах. В Горганах, возможно, были небольшие каровые ледники.

Хорошо сохранившиеся следы плейстоценового оледенения

на северо-восточном склоне Черногоры обстоятельно описаны Б. Свидерским.

Структурно-литологические зоны здесь обычно поперек пересекаются верховьями рек. Перед оледенением долины имели местные сужения и расширения, что сказалось на эрозионной работе ледников.

Характерными гляциальными формами являются небольшие ледниковые цирки («котлы»), на склонах которых сохранились остатки каров. Цирки приурочены к истокам Прута (верховья Зарослянского, Брескулецкого, Арендаржского и Данцежского потоков), а также к истокам Быстрца (Гадзини, Кизи), Дземброни и Погорильца. Форма цирков обусловлена доледниковыми водосборными бассейнами, отражавшими литологическую зональность. Во время оледенения они были фирновыми областями питания ледников.

Изрезанная цирками водораздельная зона Черногоры обрывается крутым денудационным уступом, к которому также приурочены кары (в том числе висячий кар под Малой Говерлой). У подножья уступа располагаются котловинообразные расширения долин эрозионно-ледникового происхождения. Последние ошибочно принимались за «нижний ярус» фирновых бассейнов.

В составе морен преобладают остроугольные или слабоокатанные обломки песчаников (иногда до нескольких метров в поперечнике), а также гравийно-галечниковый материал из разрушенных конгломератов. Слабая окатанность обломочного материала объясняется скромными размерами ледников (4—8 км), опускавшихся по долинам Прута, Гадзини, Кизи, Дземброни и Погорильца. Скопление грубообломочного материала обнаруживает закономерное простираание в виде валов боковых и стадияльных морен. Морены, выполняющие долины, Б. Свидерский относил к рисскому (варшавскому — I) оледенению. Им же были указаны следы миндельского (краковско-го) оледенения, представленные моренами на некоторых междуречьях и высокими флювиогляциальными террасами. При этом Б. Свидерский отрицал возможность вюрмского (варшавского — II) оледенения в Черногоре, хотя следы его установлены в Татрах и Трансильванских Альпах.

По нашим наблюдениям, указанная моренная аккумуляция связана с III и IV террасами Прута и, следовательно, может быть образованием вюрмского оледенения, имевшем две стадии.

Поверхность III террасы Прута хорошо выражена от Ворохты до Форещенки, однако нижележащие террасы к верховьям постепенно исчезают, и русло реки оказывается врезаемым в уровень III террасы, а затем в моренные наносы. Начиная от Форещенки, на поверхности III террасы наблюдаются скопления крупных обломков моренного материала,

следовательно, здесь находился конечный бассейн Прутского ледника, длина которого была почти на 2 км больше, чем указывает Б. Свидерский.

Вюрмское оледенение в Черногоре происходило после перехвата Ясиня—Черемошской продольной долины, и ледниковые воды находили сток в Прут, Черемош и Тиссу.

Особая «климатическая депрессия», установленная Г. Козий путем пылевого анализа черногорских торфяников, по-видимому, связана с послевюрмским временем.

Весьма осторожно Б. Свидерский высказал предположение о возможности доминдельского оледенения, представленного проблематичной толщей обломочного материала на склоне долины Мунчела, междуречье Дземброни—Деретенчика, а также в долинах Дземброньки и Скорушной. Эти образования, по нашему мнению, следует относить к следам рисского оледенения, флювиогляциальные потоки которого находили еще сток по днищу Ясиня—Черемошской продольной долины.

Л. В. СКВАРЧЕВСКАЯ

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ДОЛИН РЕК СТРЫЯ И ОПОРА

История названных долин неразрывно связана с развитием рельефа Советских Карпат. В период становления горного рельефа происходило зарождение гидрографической сети. В соответствии с этапами развития Советских Карпат, устанавливаемых П. Н. Цысь, автор освещает историю развития данных долин. С этой целью учитывается характер коррелятных отложений Предкарпатского прогиба, строение террас, их гипсметрия, а также особенности морфологии долин.

1. Верхний олигоцен—нижний миоцен—этап образования первичной суши и неустойчивой гидросети.

2. Средний миоцен характеризуется дальнейшим поднятием гор и предгорий, чем вызвано смещение тортонского бассейна к северу. Присутствие в некоторых свитах конгломератов свидетельствует об усилении эрозионной деятельности в горах.

Материал в предгорный прогиб могли выносить поперечные реки, к которым относились пра-Стрый и пра-Опор.

3. В сарматское время происходит дальнейшее отступление моря; в результате к верхнему сармату Предкарпатье также становится областью сноса и ареной деятельности рек. В нижнем сармате в условиях Полонинского пенеплена пра-Стрый протекал в выработанной долине, образуя крупные меандры. Поднятие Полонинского пенеплена, начавшееся на

границе нижнего и среднего сармата, вызвало новое врезание реки и ее притоков. На поднятие указывает как отступление сарматского бассейна, так и присутствие карпатского галечника в балтской свите. Сюда он мог приноситься пра-Днестром, принимавшим карпатские притоки, в том числе пра-Стрый. Поперечные реки получали обломочный материал с помощью продольных притоков, развивавшихся одновременно. О последнем свидетельствует взаимосвязь террас продольных и поперечных долин.

В это время речные перехваты еще не происходили, о чем можно судить по расположению террасовых уровней в районах Турки, Верхнего Синеводного и Опорца.

4. В нижнем плиocene формируется Предкарпатская денудационно-аккумулятивная равнина. В низовьях современного конуса выноса Стрыя денудационная поверхность, срезающая миоценовые отложения, перекрыта мощной толщей аллювия, что могло быть обусловлено началом местного опускания.

5. Верхне-плиоценовый этап характеризовался энергичным поднятием в зоне Внешних Карпат и глубоким врезанием рек Стрыя, Опора и других (до 80—90 м). Об этом свидетельствует наличие карпатской гальки в кучурганских (нижнее течение Днестра) и левантинских (низовья Прута) отложениях.

В Предкарпатье движения носят дифференцированный характер; в низовьях Стрыя происходит опускание и аккумуляция. Последняя усиливалась благодаря подпруживанию Днестра воздымающейся Подолией.

6. В течение плейстоценового этапа Советские Карпаты испытывали ряд прерывистых поднятий, приуроченных к межледниковым эпохам, в общей сложности с амплитудой около 100 метров. В результате в горном районе сформировалось 5 террасовых уровней, из них: VII — в минделе, VI — в риссе, V, IV и III — в вюрме.

Начало поднятий сопровождалось перехватом так называемой Трухановской долины рекой Тышовницей в районе с. Верхнее Синеводное.

Наибольшей амплитуды поднятия достигали и в рисс-вюрмское время, когда совершился перехват продольных притоков пра-Сана реками Днестром, Стрыем и Опором. Следы перехвата наблюдаются в окрестностях Турки и Опорца, где VI терраса древних продольных долин нависает над современными долинами поперечных рек.

На фоне общего воздымания гор происходили и местные поперечные поднятия, вызвавшие деформации террасовых уровней в районах Славско, Тухля, Гребенов, Сколе (на Опоре), Новый Крапивник (на Стрые). В нижнем, предкарпатском участке долины Стрыя продолжается погружение и аккумуля-

ляция, вследствие чего более древние террасы оказались погребенными.

В результате энергичной эрозии в горном районе происходит размывание террас (IV и V в Сколевской котловине и др.). Наиболее отчетливо сохранилась здесь III терраса, образование которой было связано с более спокойным тектоническим режимом в конце вюрма.

7. Последледниковый (современный) этап характеризуется возобновлением поднятий в начале голоцена и эрозионной деятельностью рек Стрыя и Опора. В результате прерывистых движений формируются II и I террасы. В нижнем голоцене происходит энергичное размывание III террасы в предгорьях и котловинах.

В настоящее время русла рек в горах врезаются в коренные породы, что свидетельствует о продолжающемся поднятии. Наиболее энергично этот процесс идет на участке молодых поперечных поднятий, где возникают пороги и небольшие водопады (села Тернавка, Гребенов, Сколе и др.).

Проявлением продолжающихся поднятий являются обрывистые склоны нижней части долин, обуславливающие оползни, осыпи, обвалы.

Современными рельефообразующими факторами в долинах рек Стрыя и Опора являются эрозия и аккумуляция рек и их притоков, деятельность временных горных ручьев, площадный смыв, обвалы, осыпи, оползни, процессы выветривания.

Г. А. ЗИЛЬБЕР

К ВОПРОСУ О ХАРАКТЕРЕ ЛАНДШАФТА ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Советские ученые по-разному определяют место западной части Волыно-Подольской возвышенности в ландшафтных зонах. Одни (Л. С. Берг, 1947, и Ф. Н. Мильков, 1950) относят ее к лесостепной зоне, другие (Б. Ф. Добрынин, 1948; Е. М. Лавренко, 1947; А. П. Ильинский и др.) — к зоне широколиственных лесов.

Отсутствие единого мнения по этому вопросу, повидимому, объясняется, во-первых, недостаточным количеством фактических материалов; во-вторых, положением района на стыке ряда физико-географических областей и, наконец, разным подходом к определению границ лесостепной зоны и зоны широколиственных лесов.

Проблемой обоснования границ и характеристик лесостепной зоны занимался Л. С. Берг (1947). Особенно всесторонне и оригинально разработана эта проблема на примере

Русской равнины в монографии Ф. Н. Милькова (1950). А. А. Григорьев в своей последней работе (1954) ввел новое понятие — зона лиственных лесов и лесостепи, считая лесостепь подзоной.

Любопытно отметить, что Л. С. Берг в монографии (1947) рассматривал все Волыно-Подольское плато как часть лесостепной зоны, а в приложенной к этой книге карте относит нашу территорию к зоне широколиственных лесов.

Обычно границу между лесной и лесостепной зонами проводят по северной окраине Волыно-Подольской возвышенности. Главным признаком, по которому определяют эту границу в пределах Волынской и Ровенской областей, повидимому, служило изменение характера четвертичных отложений и почв — распространение лессовых пород и серых лесных почв на юге от Полесья.

Первое знакомство с внешними чертами ландшафта Волынской и Львовской областей может создать впечатление о лесостепном характере ландшафта территории. Однако анализ особенностей природы, изучение истории привели нас к заключению, что данная территория относится к подзоне широколиственных лесов.

В пользу такого вывода говорят прежде всего климатические признаки — положительный коэффициент увлажнения (по Н. Иванову), равный 1,3. При этом следует подчеркнуть, что максимум осадков на описываемой территории выпадает в июле, а минимум — в январе. Кроме того, среднеиюльская температура воздуха здесь ниже 20°. Все это совсем не характерно для лесостепи как зоны начинающегося иссушения.

Характер почвенного покрова и условия почвообразования также свидетельствуют о формировании почв под лесным покровом. Это относится и к распаханым серым лесным почвам и оподзоленным черноземам.

Лесной характер ландшафта подтверждается и растительным покровом. На территории области проходит южная граница распространения ели, произрастают значительные массивы буковых лесов, нет сухих дубрав лесостепи, встречаются лишь отдельные пятна степной растительности, приуроченные к меловым и известковым породам.

Кроме того, высокий процент лесистости (26%) и наличие оптимальных климатических условий для произрастания лесов тоже являются доказательством лесного характера территории. Что же касается истории развития растительности в послеледниковое время, то спектры пыльцевых диаграмм, относящихся к описываемой территории, соответствуют лесной зоне.

Лесной характер ландшафта доказывается и животным миром, в составе которого очень немного степных видов.

Таким образом, есть все основания считать, что Львовская область расположена в подзоне широколиственных лесов.

К ВОПРОСУ О ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКОМ И АГРОГЕОГРАФИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ ПРИБАЙКАЛЬЯ И ЗАБАЙКАЛЬЯ

Постановления Партии и Правительства в области дальнейшего развития сельского хозяйства и освоения целинных и залежных земель в СССР поставили перед советской наукой ряд конкретных задач, направленных на всестороннее развитие теоретических основ социалистического земледелия.

В связи с этим перед естественными науками стоят неотложные задачи по комплексному изучению естественно-исторических условий географической среды отдельных областей СССР и выявления в них природных сельскохозяйственных ресурсов. Необходимо также изучить физико-географическое и специальное агрогеографическое районирование исследованных районов.

На протяжении ряда лет мы исследовали географическую среду и природные сельскохозяйственные ресурсы в условиях остепнения тайги Прибайкалья и Забайкалья, где огромные территории целинных и залежных земель ждут своего освоения.

Учитывая агропроизводственную ценность и степень изученности лесостепных и степных пространств южной части Восточной Сибири, для первого опыта мы берем в основном три провинции таежной и горнотаежной зоны Восточной Сибири, а именно: 1) Южное Прибайкалье, 2) Селенгинскую Даурию и 3) Нерчинскую Даурию.

ЮЖНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ

Южное Прибайкалье представляет собою своеобразную физико-географическую провинцию юго-восточной части таежной зоны Средне-Сибирского плоскогорья.

Огромные пространства Прибайкалья некогда были заняты тайгой, которая после естественного сведения, длительных лесных пожаров и активного вмешательства человека в значительной степени замещается лесостепью с хорошо развитой степной растительностью и сосново-лиственными лесами.

Материнские породы, на которых развиваются почвы Прибайкалья, в основной своей массе чрезвычайно богаты карбонатами. Это обстоятельство при прочих благоприятных условиях положительно влияет на почвообразовательный процесс, вызывая реградацию степных почв на освобожденных от тайги пространствах.

Климатические условия, как проявление резкой континентальности страны, не могут способствовать сильному выщелачиванию.

чиванию почв, особенно на карбонатной материнской породе. Почвенная мерзлота здесь тоже существенно препятствует этому процессу.

Таким образом, в ландшафтно-географическом отношении Прибайкалье представляет собою своеобразную восточно-сибирскую лесостепь с наличием больших степных пространств, как-то: Верхоленские, Иркутские, Черемховские, Балаганские и другие степи, которые на основании своих характерных особенностей выделяются нами в специальные агрогеографические районы Прибайкалья.

СЕЛЕНГИНСКАЯ ДАУРИЯ

В южной части Байкальского Нагорья резко выделяются две физико-географические провинции — Селенгинская Даурия и Нерчинская Даурия. Селенгинская Даурия расположена в бассейне озера Байкал, в системе реки Селенги и ее притоков — Джиды, Хилка, Чикоя и Уды, в условиях сложного сочетания широтной и вертикальной зональности.

На огромных пространствах Селенгинской Даурии, своеобразной по своей орографии и геологическому строению, особенно отчетливо выделяются следующие природные комплексы:

1) сухая степь в главных понижениях (Боргойская и Гусино-озерная — на абсолютной высоте 500—800 м), преимущественно озерно-речного характера, покрытая каштановыми и солончаково-луговыми почвами;

2) степь сухая на склонах гор и в повышенных долинах, покрытая преимущественно черноземными почвами, абсолютная высота 750—1000 м;

3) лесостепь невысоких гор, покрытая черноземными и луговыми почвами; абсолютная высота 900—1000 м;

4) песчаная степь как своеобразная область контакта сухой степи и сосновых боров между Селенгой и Хилком, на абсолютной высоте 500—1000 м;

5) горные степи, образующиеся с постепенным поднятием сухой степи на водоразделы и высокие долины, на абсолютной высоте 800—1200 м.

На территории Селенгинской Даурии, учитывая своеобразные природные условия и особенно характерное сочетание широтной и вертикальной зональностей, а также влияние сухих Монгольских степей, нами выделяются два агрогеографических района: Улан-удинский и Н.-Селенгинский.

НЕРЧИНСКАЯ ДАУРИЯ

Нерчинская Даурия огромными пространствами размещается в верховьях бассейна Амура, в системе рек Онона, Ингоды, Шилки и Аргуны.

Нерчинскую Даурию, как степную и лесостепную провинцию Восточного Забайкалья, составляют следующие территориальные комплексы:

1) Сухая степь с преобладанием каштановых почв и солончаков. Это пограничная волнистая невысокая степь — начало Манжуро-Монгольских сухих степей, абсолютная высота от 500 до 850 м.

2) Высокая горная степь и начало лесостепи с преобладанием черноземов на высоте от 800 до 1150 м.

Северная граница этой полосы в бассейне реки Аргуни впервые была прослежена К. К. Гедройцем, а в бассейне реки Онона — М. П. Григорьевым. В том и другом случаях сплошная горная степь постепенно переходит в лесостепь.

3) Сухая степь на равнинах между Ононом и Бессточной впадиной озер Тарей. Это своеобразная лесостепь как область контакта сухой степи и сосновых боров, на абсолютной высоте 670—810 м.

4) Передстепие к Онону и Иногде, на абсолютной высоте 700—1000 м.

5) Лесостепь невысоких гор по Онону и Иногде, на абсолютной высоте 800—1200 м.

На территории Нерчинской Даурии мы различаем два основных агрогеографических района: район Нерчинских степей и район Агинских степей.

Мы думаем, что предложенное нами районирование естественно-исторических условий отдельных провинций Восточной Сибири будет способствовать более рациональному освоению ее природных сельскохозяйственных ресурсов. В следующем сообщении мы дадим агрогеографическую характеристику каждого района.

М. М. КОЙНОВ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА ПОЛОНИН НА ЧЕРНОГОРСКОМ ХРЕБТЕ ЗА ПЕРИОД ВЫПАСНОГО СЕЗОНА (ИЮНЬ—СЕНТЯБРЬ)

Черногорский хребет расположен на юго-востоке Советских Карпат, в пределах Станиславской и Закарпатской областей. Абсолютные высоты хребта достигают 1600—2000 м. Выше 1300—1500 м по склонам и гребням хребта размещены горные луга-полонины, являющиеся важной кормовой базой горно-пастбищного животноводства.

Климат полонин изучен очень слабо. Имеются только кратковременные наблюдения за выпасной сезон (июнь—сентябрь) на Пожижевской полонине Черногорского хребта, проводившиеся в течение 1906—1911 гг. Основываясь на метеорологических наблюдениях, по данным К. Шульца¹, для Пожижевской полонины, расположенной на высоте 1375 м над уровнем моря, мы попытались кратко охарактеризовать климат Черногорских полонин.

Значительное влияние на местный климат полонин оказывает характер горного рельефа (абсолютные высоты и экспозиция склонов). Склоны гор являются подстилающей поверхностью, которая поглощает и передает прилегающим слоям воздуха лучистую энергию. В зависимости от экспозиции, крутизны и характера горных пород склоны гор неравномерно прогреваются и увлажняются. В результате указанных причин на одной и той же высоте, но на склонах разной экспозиции создаются свои местные климаты, отражающиеся на характере почвенного и растительного покрова. В подтверждение сказанного приводим данные по полонине Менчул, где в 1954 г. работниками кафедр физической географии и низших растений Львовского государственного университета велись метеорологические наблюдения в течение выпасного сезона (таблица 1).

Таблица 1

Экспозиция склонов	Абсолютная высота в м	Средняя месячная температура воздуха				Средняя за выпасной сезон
		июнь	июль	август	сентябрь	
Северная	1350	12,4	11,3	13,3	13,5	12,5
Южная	1300	13,8	11,7	13,7	13,6	13,4

Лето на Черногорских полонинах короткое и прохладное, с частыми дождями и туманами, снег сходит в конце мая, выпасной сезон начинается с июня и продолжается по сентябрь. Средняя температура воздуха за выпасной сезон (июнь—сентябрь) для Пожижевской полонины $+9,6^{\circ}$. Самым теплым месяцем является август ($+11,1^{\circ}$); в сентябре температура воздуха понижается до $+7,5^{\circ}$. В летнее время наблюдаются высокие температуры воздуха, абсолютный максимум достигает $+25^{\circ}$. В то же время во все месяцы выпасного сезона отмечаются резкие падения температуры, нередко ниже 0° . Абсолютный минимум достигает $-9,5^{\circ}$ (сентябрь). Колебания температур воздуха за выпасной сезон довольно велики: сред-

¹ Szulc K. Spostrzeżenia meteorologiczne na połoninie Pożyżewskiej w paśmie Czarnohorskiem w Karpatach Wschodnich. 1911—1912.

няя амплитуда составляет 6,5°, а абсолютная — 29,5°. Приводим некоторые данные по месяцам за выпасной сезон по Пожижевской полонине за период 1906—1911 года (таблица 2).

Таблица 2

Месяцы	Средняя температура воздуха	Средний максимум	Средний минимум	Средняя амплитуда	Абсолютный максимум	Абсолютный минимум	Абсолютная амплитуда
Июнь	9,4	13,4	6,6	6,8	24	—1,5	25,5
Июль	10,6	14,8	8,4	6,4	25	—0,2	25,7
Август	11,1	14,7	8,8	5,9	23	0,5	22,5
Сентябрь	7,5	11,0	5,1	5,9	20	—9,5	29,5

Полонины получают большое количество атмосферных осадков за год, общая сумма всюду превышает 1000 мм. По сезонам атмосферные осадки распределяются неравномерно, максимум приходится на теплое время года, минимум — на холодное.

На Пожижевской полонине за выпасной сезон (июнь—сентябрь) осадков в среднем выпадает до 700 мм. Максимум приходится на июль (230 мм), минимум — на август (138 мм). Лето на полонинах дождливое, в июне и в июле из трех дней — два с дождями, наблюдаются частые и продолжительные ливни с сильными грозами, но чаще всего идут обложные, моросящие дожди, случаются выпадения снега (таблица 3).

Таблица 3

Месяцы	Сумма осадков в мм	Суточный максимум в мм	Количество дней	
			с дождем	со снегом
Июнь	172,6	39,7	20	1,4
Июль	230,6	67,8	19	0
Август	138,5	42,6	16	0,6
Сентябрь	144,5	39,8	16	3,2

Осень на полонинах холодная и дождливая, в конце октября выпадает снег, в ноябре начинается зима. Однако октябрь имеет среднюю за месяц положительную температуру. Так, по наблюдениям на Пожижевской полонине в 1911 г. средняя

температура октября составляла $+5,4^{\circ}$, причем из 6 пятидневок только третья имела температуру $+1,6^{\circ}$, все остальные — выше $+3$ и $+6^{\circ}$.

Метеорологические показатели, хотя и за короткий период наблюдения (1906—1911 гг.), дают некоторое представление о колебании климата по отдельным годам выпасного сезона. Это имеет большое практическое значение для определения продолжительности выпаса скота на полонинах. Так, например, за шестилетие (1906—1911 гг.) наблюдались более «теплые» и более «холодные» года выпасного сезона; 1907 г. и особенно 1909 г. выделяются как более «теплые» года. Средняя температура за выпасной сезон этих лет составляла $+10,3$ и $+11^{\circ}$. Наиболее «холодным» годом был 1908, когда за выпасной сезон средняя температура была всего лишь $+9,1^{\circ}$. Интересно отметить, что между температурой воздуха и выпадающими осадками по годам выпасного сезона обнаруживается прямая взаимосвязь. Так, например, «теплые» годы обычно сухие, в это время осадков выпадает менее 600 мм (в 1909 г. выпало всего 503 мм). Напротив, «холодные» годы — влажные (в 1908 г. выпало 827 мм).

Тепловые ресурсы полонин за выпасной сезон на разной высоте будут неодинаковы, а также существенно изменяются по отдельным годам. По наблюдениям на Пожижевской полонине за 1911 год выпасного сезона (июнь—октябрь), из 30 пятидневок (с 31 мая по 27 октября) наблюдалось: 1 пятидневка со средней температурой $+15^{\circ}$, 4 пятидневки с температурой выше $+13^{\circ}$, 8 пятидневок с температурой 10° и выше. Эти данные в приближенном виде говорят не только о количественной стороне климата полонин. В целом климат полонин с июня по октябрь благоприятствует развитию травостоя, жизни животных и человека.

И. И. СВАРИЧЕВСКИЙ

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОГРАФИИ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ В ДРОГОВЫЧСКОЙ ОБЛАСТИ

Январский Пленум Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза поставил задачу — обеспечить к 1960 году валовой сбор зерна в нашей стране не менее 10 миллиардов пудов ежегодно.

Для этого Пленум ЦК КПСС указал на необходимость значительно расширить посевные площади под кукурузу и продвинуть выращивание ее во все зоны нашей Родины.

Кукуруза как высокоурожайная культура является, дей-

ствительно, крупнейшим резервом увеличения производства зерна, особенно фуражного. Использование этого резерва позволит в ближайший срок при небольших затратах средств выполнить поставленную Партией и Правительством задачу.

По своим качествам кукуруза как сельскохозяйственная зерновая культура не имеет себе равных. Ценность ее состоит в том, что выращивание этой культуры одновременно решает две задачи — пополнение ресурсов зерна и получение из стеблей кукурузы хорошего силоса.

В равнинных и предгорных районах Дрогобычской области эта ценная и высокоурожайная культура издавна выращивалась в продовольственных и фуражных целях. Кукурузная мука употреблялась в смеси с ржаной, пшеничной или ячневой мукой для выпечки хлеба, а в чистом виде из кукурузной муки варили мамалыгу. Зерно кукурузы также использовывалось для изготовления крупы.

Расширению посевов и особенно повышению урожайности кукурузы в индивидуальных хозяйствах досоветского периода препятствовала требовательность ее к тщательной обработке, что было нелегко выполнить вручную при примитивной технике.

В условиях социалистического сельскохозяйственного производства благодаря широкому внедрению передовой агротехники созданы условия для резкого увеличения как посевов, так и урожайности кукурузы. Возможность силосования початков кукурузы в стадии молочно-восковой спелости и зеленой массы способствует продвижению кукурузы не только во все предгорные районы области, но и в горные, отличающиеся более коротким вегетационным периодом.

В первые годы молодые, неокрепшие еще колхозы области очень медленно расширяли посевы кукурузы, что видно из удельного веса ее в структуре земледелия; так, в 1950 году под кукурузой было занято около 2% площади зерновых, в 1952 году — 2,55%, в 1954 году — около 3%. Причем кукуруза выращивалась только в колхозах равнинных и предгорных районов области.

Здесь накоплен опыт выращивания высоких урожаев кукурузы. Звеньевая колхоза им. Молотова, Мединичского района, Мария Витив еще в 1951 году вырастила по 54 центнера зерна с каждого гектара на площади в 10 гектаров. В 1954 году звеньевая колхоза «Радянська Україна», Стрыйского района, О. Годлик собрала по 36,8 центнера зерна с каждого гектара. Бригада М. Зембы из колхоза им. Сталина, Рудковского района, получила по 36 центнеров зерна с каждого гектара. С целью продвижения кукурузы в колхозы горных районов области проведены уже первые опыты по изучению сортов кукурузы и агротехники ее выращивания на Карпатском опытном поле и в Воловецком сортоучастке.

В результате выяснено, что кукуруза в горных колхозах хорошо развивается, созревает и обеспечивает урожай зерна в 3—4 раза выше, чем урожай овса и ячменя, широко представленных в структуре земледелия колхозов горных районов.

Урожай отдельных сортов кукурузы колеблется в таких пределах: сорт местный «Воловецкий» дает урожай 17—19 центнеров с гектара, сорт «Воронежская-80» — 12,4—16,6 ц с гектара, сорт «Воронежская-76» — 9,9—16,5 ц с гектара.

Таким образом, кукурузу можно выращивать в горных колхозах области на зерно, получая сравнительно высокие урожаи.

Если учесть возможность раздельного силосования початков кукурузы в стадии молочно-восковой спелости и зеленых стеблей, то количество сортов кукурузы в горных колхозах можно будет значительно расширить за счет еще более урожайных.

Учитывая огромные резервы в расширении посевов кукурузы для развития сельского хозяйства области вообще, а животноводства в частности, необходимо решительно увеличивать удельный вес кукурузы в посевах зерновых во всех колхозах области, доведя его в ближайшие годы до 25—30%.

Быстрое увеличение площадей кукурузы и продвижение ее во все районы области требует решения следующих конкретных задач:

1) в конкретных условиях каждого микрорайона выработать агротехнические мероприятия выращивания высоких урожаев кукурузы;

2) организовать в передовых колхозах каждого микрорайона семеноводство кукурузы, выводя в местных условиях высокоурожайные гибридные сорта;

3) в горных районах размещать посевы кукурузы на хорошо освещаемых и обогреваемых южных, юго-западных и западных склонах. Избегать участков, затеняемых горами или лесными насаждениями;

4) учитывая переувлажненность воздуха в осенне-зимний период для сохранения кукурузы, выращиваемой на зерно, построить в колхозах необходимое количество кошей и сапеток. Коши и сапетки размещать в таких местах, где была бы обеспечена хорошая естественная вентиляция;

5) для силосования початков кукурузы, убираемой в период молочно-восковой спелости, и зеленой массы их стеблей построить необходимое количество силосных ям и траншей. При сооружении их следует учитывать местные условия и избегать участков, затопляемых подпочвенными и текучими водами.

О ТИПАХ МЕСТНОСТИ ЗАПАДНОУКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Территория, в пределах которой нами выделяется несколько типов местности, занимает юго-западную часть Полесской низменности в границах Ровенской и Волинской областей.

Особенностью физико-географических ландшафтов данной территории является ее равнинность с незначительным колебанием высот и наклоном поверхности к северу и северо-востоку, большая залесенность в особенности центральных районов и заболоченность северных.

В ландшафтном отношении рассматриваемая территория характеризуется небольшими различиями, что представляет значительные трудности при ее районировании.

П. А. Тутковский главным образом по характеру рельефа и почвенного покрова различал здесь зоны моренного и конечно-моренного ландшафтов и зандровую зону, существование которых подтверждается П. Н. Цысем.

В результате полевых исследований в Полесье было обращено внимание на ряд особенностей строения речных долин и на наличие за пределами долин мощных песчаных гряд и массивов разбитых песков, а также на различия ландшафтов в пределах междуречий.

Это послужило основанием для более детальной характеристики отдельных частей территории.

Применяя метод типологической классификации ландшафтов, в пределах западноукраинского Полесья мы выделяем урочища: речных долин с широким развитием пойменных лугов; песчаных гряд и разбитых песков; пониженных и заболоченных частей междуречий; грядово-холмистых частей междуречий; междуречных равнин с широким развитием лесной растительности; междуречных равнин с широким распространением распаханых земель.

Существенным элементом ландшафта урочищ, какими являются долины рек, ограниченные обычно невысокими уступами вторых террас, является наличие широких пойм, ежегодно заливаемых в период весенних и нередко осенних половодий. Благодаря наличию широких пойм с развитым травяным покровом они довольно отчетливо выделяются среди залесенных пространств междуречий и песчаных массивов, пересекая территорию с юга на север и юго-запада на северо-восток.

В строении пойм важная роль принадлежит современным аллювиальным отложениям, которые образуются в результате накопления мельчайших частиц песчано-глинистого материала, несомого реками и откладывающегося во время речных разливов, когда поймы подвергаются затоплению.

Преобладающими почвами в пределах этих урочищ являются дерновые, дерново-глеевые мощные (луговые) почвы и болотные, обнаруживающие широтную зональность в своем распределении. Основные растительные сообщества представлены лугами, как наиболее распространенным типом растительности в данных пределах, и пойменными лесами.

Урочища песчаных гряд и разбитых песков обычно располагаются вдоль речных долин на некотором удалении от них. При этом обнаруживается тесная связь их распространения с очагами песчаного материала — донно-моренными и конечно-моренными образованиями, так как они размещаются главным образом в центральных и северных районах характеризуемой территории.

На поверхности песчаных гряд прослеживаются многочисленные дюнные образования. Дюны своими открытыми частями во всех случаях обращены на запад и северо-запад, независимо от общего направления простираения песчаных массивов, что свидетельствует о их образовании под действием западных и северо-западных ветров.

Разбитые пески обычно располагаются вблизи упоминаемых гряд. Их возникновение можно объяснить уничтожением лесной растительности.

Урочища речных долин и песчаных гряд, характеризующиеся линейной протяженностью, отражают в отдельных частях существующие различия физико-географических ландшафтов междуречий.

Не характеризуя урочища отдельных частей междуречий, но учитывая их территориальное распространение и то, что они группируются в последовательности, при которой происходит переход одних в другие в широтном направлении, можно считать, что данные урочища образуют в своем сочетании несколько типов местности.

Тип местности Верхне-Припятской моренной равнины, где междуречья обычно являются пониженными и заболоченными, речные долины выражены слабо, поймы широкие. Преобладающим типом растительности являются заболоченные леса. Широко распространены болота.

Тип местности Любомльско-Столинской моренной гряды, характеризующийся наличием грядово-холмистых междуречий, сложенных моренными песками и глинами, с заметно выраженными (суженными) речными долинами, пересекающими гряду между отдельными холмами.

Тип местности зандрово-аллювиальной равнины с широким распространением лесов, где речные долины заняты лугами, а междуречные равнины, сложенные песчано-глинистыми отложениями, залегающими на поверхности мела и кристаллических пород, имеют широко представленный лесной покров.

В пределах южных частей междуречий выделяются урочища с широким распространением распаханых земель. Они представляют своеобразный южно-полесский тип местности.

С. ЛУЦКИЙ

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Природные условия Ровенской области весьма различны. Южные районы области расположены в пределах Вольно-Подольской возвышенности, с ее лесостепными ландшафтами, плодородными почвами и удобством распашки местности. Северные районы находятся в Полесье, с его болотно-лесными и песчано-лесными ландшафтами, более бедными почвами и меньшим удобством распашки.

Это обстоятельство существенно отразилось на исторически сложившейся специализации сельского хозяйства различных частей области и на объеме их сельскохозяйственного производства.

Различие в специализации и в объеме сельскохозяйственного производства, в свою очередь, повлияло на исторические процессы формирования населения, на его плотность и размещение.

Сельское хозяйство южных районов области специализировано главным образом на производстве пшеницы и сахарной свеклы. Местность в значительной мере распахана. Объем сельскохозяйственного производства значительный. Сельское хозяйство обеспечивает сырьем заводы пищевой промышленности, расположенные в этой части области, и дает значительное количество продовольствия на вывоз в другие местности. Плотность сельского населения в этой части области — 60—75 человек на квадратный километр.

Сельское хозяйство северных, полесских районов области имеет льно-молочно-животноводческую специализацию и относительно небольшие размеры. Значительная часть сельскохозяйственных угодий в полесских районах приходится на долю пастбищ и сенокосов. Плотность сельского населения в полесских районах составляет 25—50 человек на квадратный километр.

В южной части области преобладает сплошной тип расселения сельского населения. Долины рек и водоразделы заселены более или менее равномерно. Сеть селений густа. С любой точки местности одновременно можно видеть несколько селений.

К северу сплошной тип расселения исчезает. В Полесье преобладают долинный и островной (оазисный) типы расселения. Сеть селений становится редкой.

Главными типами сельских населенных пунктов Ровенской области являются села и хутора. Размеры сел и их планировка различны. В области есть много крупных сел, как Гоща (на юге) и Высоцк (на севере), играющие роль районных центров и сравнительно мало отличающиеся по размерам, планировке и благоустройству от таких городов, как Дубровица. Преобладают, однако, не крупные, а мелкие и средние села с населением до 500—600 человек.

В Ровенской области, как и в других западных областях СССР, значительно распространен хуторской тип селений. Особенно много хуторов в южной части области. Хутора вытянуты на целые километры вдоль какого-либо ручья, повторяя его причудливые изгибы, или представляют собой беспорядочное нагромождение усадеб.

Исторически сложившееся размещение, плотность населения и типы селений постепенно изменяются под влиянием новых, колхозных условий сельского хозяйства и новой его техники.

Заболоченные, малопродуктивные, местами прежде почти недоступные земли Полесья, по мере их постепенного осушения превращаются в ценные сельскохозяйственные угодья, дающие (как на левобережье Припяти) до 20—30 центнеров зерновых с гектара, до 350—400 центнеров картофеля, до 100 центнеров трав. В Полесье хорошо растут лен и конопля. Осушение болот и новая техника сельского хозяйства превращают Полесье из «гиблого места», каким оно было прежде, в один из высокопродуктивных сельскохозяйственных районов. Тем самым исчезают факторы, ранее ограничивающие заселение Полесья и вызвавшие в свое время неравномерность размещения сельского населения различных частей Ровенской области.

Хуторской тип расселения сельского населения затрудняет применение новой техники сельского хозяйства, приводит к дроблению пахотных массивов и к значительным потерям времени в колхозных бригадах, затрудняет благоустройство селений (водоснабжение, санитарию, пожарную охрану, озеленение, электрификацию, радиофикацию), работу школ, клубов и т. д. Этот тип расселения не соответствует социалистическому способу сельскохозяйственного производства и постепенно отмирает. Отмирание хуторского расселения существенно изменяет географию сельского населения области и внешний вид ландшафтов южных районов области.

Плотность населения Ровенской области значительно выше средней по СССР. Механизация сельского хозяйства позволяет колхозам области выделять значительные контингенты для работы в промышленности, для переселения в слабо заселенные местности СССР, в том числе в районы освоения целинных земель.

ОПЫТ ТИПОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЛАНДШАФТОВ СОВЕТСКИХ КАРПАТ

Истекшее десятилетие характеризуется значительными успехами, достигнутыми советскими учеными в изучении природы Советских Карпат. Опубликованы существенно важные исследования по геологии (А. А. Богданов, О. С. Вялов, М. В. Муратов и др.), геоморфологии (Н. П. Ермаков, А. И. Спиридонов, П. Н. Цысь), растительности (Г. В. Козий, М. Г. Попов, П. Д. Ярошенко и др.), почвам (Н. Б. Вернандер, С. А. Скорина), животному миру (И. Т. Сокур, Ф. И. Страутман, К. А. Татаринов) интересующей нас области.

Указанные успехи в изучении отдельных компонентов природной среды Советских Карпат дали возможность изучать их природу как целостный комплекс, что является, как известно, задачей физической географии (ландшафтоведения). Одна из первейших задач изучения ландшафтов Карпат заключается в выяснении того, к какой географической зоне принадлежит эта горная страна. Известно, что в этом вопросе мнения советских исследователей расходятся. Географы Л. С. Берг, Ф. Н. Мильков относят данную территорию к лесостепной зоне, геоботаники В. В. Алехин, Е. М. Лавренко к зоне европейских широколиственных лесов, лесоводы Д. В. Воробьев и др. — к подзоне широколиственных лесов лесной зоны.

Не рассматривая детально в настоящем сообщении этот спорный вопрос, мы считаем Карпаты особой, горной провинцией лесной зоны, глубоко внедрившейся в лесостепную зону благодаря значительной орографической приподнятости этой территории. Значительная высота Карпат обусловила трансформацию лесостепного климата в лесной (положительный баланс увлажнения), что создало благоприятные условия для развития смешанных и хвойных лесов с дерново-подзолистыми почвами. Однако лесостепная зона влияет на ландшафты Карпат, что выражается не только в особенностях климата, но также и во многих чертах растительного и почвенного покровов и животного мира.

В карпатскую горную провинцию мы включаем не только собственно горное сооружение Карпат, но и Прикарпатье в границах передового прогиба и Закарпатье в границах Закарпатской низменности и вулканического хребта. Основанием для такого понимания границ Советских Карпат служит несомненная общность тектонического и палеогеографического развития всей этой территории, климатического и гидрологического режимов ее и общность типов растительного и почвенного покровов, а также животного мира на этом пространстве.

Общность основных черт ландшафта Карпат не означает их однородности. Напротив, значительные различия в рельефе, геологическом строении и экспозиции склонов порождают местные разновидности климата, растительного и почвенного покровов карпатской горно-лесной провинции и обуславливают деление ее на три отчетливо выраженных ландшафтных области:

а) *прикарпатскую* холмисто-равнинную, лесолуговую со смешанными лесами по преимуществу на дерново-подзолистых почвах;

б) *закарпатскую* горно-равнинную с широколиственными лесами и заболоченными лугами на дерново-луговых и дерново-подзолистых почвах;

в) *горную область Карпат* с хорошо выраженной высотной дифференциацией растительного и почвенного покровов, представленных широколиственными, смешанными, хвойными лесами и субальпийскими и альпийскими лугами на дерново-буроземных, буроземных, горно-подзолистых и горно-луговых почвах.

Каждая из указанных областей представляет собой сложное сочетание ландшафтов, обладающих своей индивидуальной структурой. В настоящем сообщении мы рассмотрим основные типы ландшафтов собственно горной области Советских Карпат. В основу выделения положены особенности геоморфологического и геологического строений местности, с которыми тесно связан характер высотной дифференциации растительности и почв. В горной области Советских Карпат мы выделяем следующие ландшафты:

1) *Низкогорный, бескидский ландшафт* с дробно расчлененным рельефом, развитым преимущественно в зоне Кросно, а также и в областях погружения скибовых структур; господствует один растительный пояс — смешанные, дубово-буково-пихтовые леса, чередующиеся с лугами (царинками) вторичного происхождения на дерново-буроземных почвах. Область распространения бескидского ландшафта охватывает верховья Днестра и полосу внутрикарпатских депрессий — Стрыйско-Санской, Ясинской, Черемошско-Путильской и др.

2) *Среднегорный, буковинский ландшафт*, представленный главным образом хребтами Скибовой зоны Карпат, как правило, не поднимающихся выше 1200 м над уровнем моря. Хребты обладают относительно крутыми склонами, почти целиком покрытыми смешанными лесами, которые выше 900 м сменяются елово-пихтовыми лесами; на плоских вершинах хребтов выше 1100 м развиты субальпийские луга. Преобладающие почвы — буроземы различной степени оподзоленности. Буковинский ландшафт характерен, помимо собственно буковинской части Скибовой зоны, также для Покутских и Сколевских Карпат.

3) *Среднегорный, горганский ландшафт*, представленный хребтами Скибовой зоны, поднимающимися до 1500—1600 м над уровнем моря. Крутосклонные хребты карпатских Горган расчленены глубокими поперечными долинами и характеризуются наличием 3 высотных поясов растительности: смешанных и хвойных лесов, которые на высоте 1200 м сменяются поясами кустарникового криволесья из зеленой ольхи и горной сосны и субальпийскими лугами и пустошами белоусниковыми, вересковыми и др. Характерной чертой верхнего пояса гор этого типа являются каменные россыпи, иногда спускающиеся в лесной пояс. Основные типы почв: буроземные — в поясе смешанных лесов, горно-подзолистые — в поясе елово-пихтовых лесов и горно-луговые в комплексе с торфяными в субальпийском поясе.

4) *Среднегорный, черногорский ландшафт*, охватывающий наиболее высокую (от 1700 до 2000 м над уровнем моря) часть Магурской тектонической зоны Карпат. Для структуры этого ландшафта характерно не менее 4 высотных поясов растительности: смешанных и хвойных лесов, кустарникового криволесья, субальпийских и альпийских лугов и пустошей. Соответственно растительности дифференцируются почвы по высотным поясам: от дерновых буроземов в нижнем поясе, где преобладают широколиственные леса, до горно-луговых и торфяных — на полонинах. Черногорскому ландшафту свойственны также ледниковые формы рельефа — цирки, кары, морены. Район распространения этого ландшафта — горные группы Черногоры, Свидовца и Гринявских гор в верховьях Прута, Черного Черемоша и Тиссы.

5) *Среднегорный, полонинский ландшафт* характеризуется массивными плосковершинными хребтами Магурской зоны, обычно не поднимающимися выше 1700 м над уровнем моря. Хорошо развитые склоны южной экспозиции Полонинского хребта несут широкий пояс широколиственных, буковых лесов, поднимающихся до высоты 1000—1200 м, сменяющиеся поясом еловых лесов (до 1300 м). Полонинскому ландшафту свойственно также широкое развитие субальпийских лугов и пустошей (полонин). Область распространения этого типа охватывает не только собственно Полонинский хребет, но и простирается в Буковину (хребты Максимец, Яровец, Томнатик и др.).

БІОЛОГІЯ

А. Г. ГЕБГАРДТ, Н. М. ДАЦЮК, Е. Ф. ЮРЧУК

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ АЗОТОБАКТЕРА НА ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СУБСТРАТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПОЧВЕННОГО АЗОТОБАКТЕРИНА

Для повышения урожая сельскохозяйственных растений большое значение имеет применение бактериальных удобрений, в частности азотобактерина. Однако изготовление с этой целью азотобактерина на заводах страдает рядом недостатков, главный из них состоит в том, что титр азотобактера резко падает за время от начала изготовления препарата до момента его применения.

Использование предложенных способов изготовления торфяного и почвенного азотобактерина в колхозах затрудняется сложными микробиологическими анализами определения готовности азотобактерина.

Нами было замечено, что при изготовлении почвенного азотобактерина, после внесения разводки азотобактера температура в субстрате резко повышается. Цель нашего исследования — найти зависимость между повышением температуры и количеством клеток азотобактера на различных парниковых субстратах, которые обычно являются материалом для изготовления азотобактерина.

Различные парниковые субстраты брались из колхозов Львовской и Волынской областей. Всего было исследовано 16 субстратов. С каждым субстратом опыт производился дважды с двукратной повторностью.

В а р и а н т ы: 1. Субстрат + питательная среда (2% сахара, 0,5% мела, 0,5% суперфосфата).

2. То же + разводка азотобактера.

Влажность 50—60% от полной влагоемкости. Титр азотобактера определялся в момент закладки опыта, при наивысшей температуре в субстрате и через одни и двое суток после максимального поднятия температуры. Температура в субстрате измерялась каждые 2—3 часа. Проведенные исследования показали, что взятые нами 16 образцов парниковых субстратов можно разбить на 3 группы (1, 2, 3).

В первую группу вошло 5 образцов. В этих образцах находилось в 1 г 700—2000 клеток спонтанного азотобактера, который обладал очень слабой способностью к размножению (рис. 1).

Несмотря на создание благоприятных условий питания, титр спонтанного азотобактера через 4—5 дней не превышает

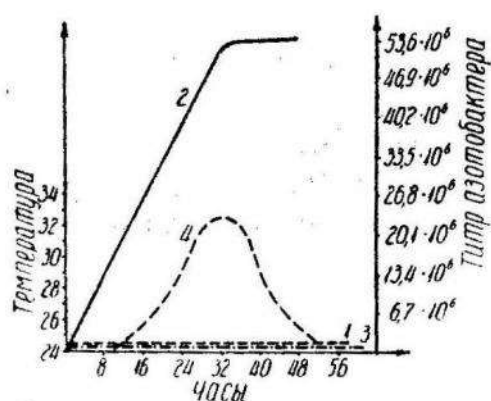


Рис. 1. Изменение температуры и титра спонтанного и внесенного азотобактера в I типе субстратов

1 — титр спонтанного азотобактера; 2 — титр азотобактера при внесении его в субстрат; 3 — температура в субстрате без внесения азотобактера; 4 — температура в субстрате с внесением азотобактера.

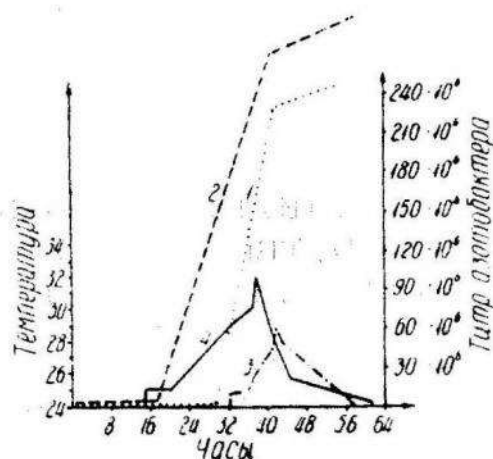


Рис. 2. Изменение температуры и титра спонтанного и внесенного азотобактера во II типе субстратов

1 — титр спонтанного азотобактера; 2 — титр азотобактера при внесении его в субстрат; 3 — температура в субстрате без внесения азотобактера; 4 — температура в субстрате с внесением азотобактера.

50 тысяч. Температура в субстрате не изменялась. При внесении в эти субстраты разводки азотобактера штамм 53 в количестве 30—50 тысяч на 1 г происходит усиленное размножение. Титр азотобактера через 24—35 часов увеличивается в 1700—2000 раз. При этом температура в субстрате поднимается с 24 до 32—34°C.

Через 35—40 часов, хотя размножение и происходит и титр несколько поднимается, температура в субстрате все-таки падает. Таким образом, мы видим, что размножение азотобактера связано с большим выделением тепла и поднятие температуры в субстрате зависит не только от абсолютного количества клеток в субстрате, но и от скорости их размножения.

Во вторую группу вошло из 16 образцов — 10 (рис. 2). В этих субстратах, как и в первой группе, азотобактер находился в количестве 1000—2000 клеток в 1 г. Но при внесении питательных элементов энергично размножался как внесенный, так и спонтанный азотобактер.

Повышение температуры наблюдалось в обоих вариантах. Без внесения азотобактера температура в субстрате поднималась на 5—6°, при внесении азотобактера — на 8—10°, причем

время максимального поднятия температуры в первом варианте задерживается по сравнению со вторым.

Определение количества клеток азотобактера через каждые 10—12 часов показало, что поднятие температуры, уловимое для термометра, начинается тогда, когда количество клеток азотобактера достигает 3—5 миллионов. Для спонтанного азотобактера это наступает через 30—35 часов, для внесенного — через 12—20 часов. Через 30—40 часов титр азотобактера в этих субстратах становится равным 240—280 миллионам, в дальнейшем количество клеток увеличивается очень медленно или не увеличивается совсем, температура очень быстро падает до исходной. Значит и в этой группе энергичное размножение азотобактера сопровождается резким поднятием температуры.

В третью категорию парниковых субстратов из всех исследуемых нами образцов вошел только один, полученный из колхоза им. Буденного, Рава-Русского района (рис. 3). Данный субстрат оказался слабоподзолистой почвой, которой набивались парники, без добавления каких-либо органических веществ, рН данной почвы = 6,8, спонтанный азотобактер находился в количестве 80 клеток в 1 г. При внесении питательных веществ через пятеро суток количество клеток дошло до 90 тысяч и дальнейшее размножение приостановилось. Внесенный азотобактер в количестве 30 тысяч на 1 г размножился за этот срок до 150 тысяч. Температура в обоих субстратах не поднималась. Данный образец оказался совершенно непригодным для приготовления азотобактерина.

Поставленные дополнительные опыты показывают, что внесение в первую группу субстратов аммонификаторов и актиномицетов почти не повысило температуры в среде. Так, введение в питательный субстрат актиномицетов и аммонификаторов, выделенных из этих почв, повысило температуру в субстрате с 24 до 25,5°, тогда как внесенный азотобактер за это же время повысил температуру до 33°. Отмеченное нами явление подтверждается наблюдениями Вильсона, который пишет, что из всех известных клеток виды азотобактера обладают наивысшей скоростью окисления — значение Q_{O_2} достигает у них 4—5 тысяч.

Проведенные опыты по изготовлению азотобактерина в колхозах — в парниках полностью подтвердили наши лаборатор-

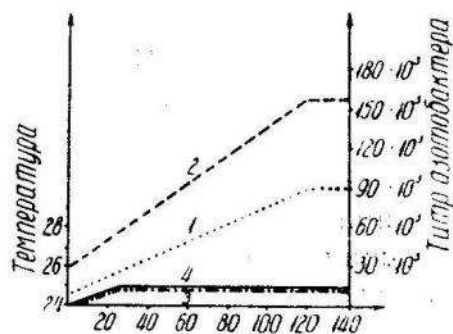


Рис. 3. Изменение температуры и титра спонтанного и внесенного азотобактера в III типе субстратов.

1 — титр спонтанного азотобактера; 2 — титр азотобактера при внесении его в субстрат; 3 — температура в субстрате без внесения азотобактера; 4 — температура в субстрате с внесением азотобактера.

ные наблюдения. Температура в субстрате при внесении азотобактера поднималась на 10—12° выше окружающей среды. Титр азотобактера доходил до 100—200 мл в 1 г.

А. Г. ГЕБГАРДТ и И. М. БУДЗАН

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АЗОТОБАКТЕРИНА НА УРОЖАЙ КАПУСТЫ

В настоящее время инокуляция семян и внесение азотобактерина под растения широко применяются для повышения урожая сельскохозяйственных культур. Однако до сих пор не выяснено сколько нужно времени для контакта азотобактера с корневой системой растений и когда необходимо вносить азотобактерин, чтобы получить наибольшее повышение урожая.

Чтобы несколько осветить эти вопросы, нами было проведено исследование с рассадной культурой капусты, сорт «Брауншвейгская».

Были заложены следующие варианты опыта:

1. Растения от семян до снятия урожая росли без инокуляции. Обозначим условно этот вариант (— — — —).

2. Инокулировались азотобактерином семена. Перед первой пикировкой — через 12 дней после всходов, корни растений тщательно отмывались от азотобактера и пересаживались в почву (+ — — —).

3. Растения инокулировались только при первой пикировке (— + — —).

4. Растения инокулировались при высадке в грунт (— — — +).

5. Инокулировались семена и рассада при первой пикировке (+ + — —).

6. Инокулировались семена и рассада при первой и второй пикировке (+ + + —).

Для того, чтобы растения находились в одинаковых условиях, корни растений во всех вариантах перед первой пикировкой тщательно промывались.

Посев семян проводился 22. IV, первая пикировка — 10. V, вторая — 3. VI, высадка в поле — 11. VI, уборка урожая — 12. X. Капуста высаживалась в рядки. Площадь питания 65 × 65. В каждый ряд высаживалось по 10 растений с трехкратной повторностью. Почва — луговой чернозем, pH = 7,2. Уход проводили обычный, два раза делали подкормку фосфором и калием. В течение всего вегетационного периода следили за количеством клеток азотобактера. Перед первой пикировкой у инокулированных и контрольных растений определялся су-

хой вес, количество азота и титр азотобактера в прикорневой зоне.

Таблица 1

Влияние инокуляции на сухой вес, содержание азота в проростках и титр азотобактера в прикорневой зоне капусты 12-дневного возраста

Вариант	Сухой вес 100 растений в г	Сухой вес в % от контроля	Количество азота в %	Титр азотобактера
Контроль	0,63	100	4,872	$2,153 \times 10^8$
Семена перед посевом инокулированы азотобактером	0,77	122,2	5,4	$1,9 \times 10^6$

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, инокуляция резко повысила титр азотобактера в прикорневой зоне проростков капусты, что, повидимому, и сказалось на повышении сухого веса и содержания азота проростков.

После промывания корней инокулированных растений в посеве растертой массы корешков не было обнаружено азотобактера. При раскладывании корней на эшби-агар количество проросших колоний не превышало числа колоний, выросших около промытых контрольных корней растений.

Из данных таблицы 2 видно, что азотобактер, находясь в большом количестве в прикорневой зоне растений, на протяжении 18 дней от посева до первой пикировки влиял не только на проростки, но и на урожай кочней. За такой короткий срок контакта азотобактер не мог как азотфиксатор обеспечить азотом 11% сухого вещества. По всей вероятности, действие азотобактера, помимо азотфиксации, объясняется выделением веществ типа витаминов и ауксинов.

Положительно действовала на урожай инокуляция растений и в другие сроки вегетации. Так, в третьем варианте азотобактер находился около месяца в большом количестве в прикорневой зоне проростков, несколько больше чем в первом варианте, повидимому, это и повлияло на увеличение урожая.

В четвертом варианте большое количество азотобактера находилось в ризосфере около двух месяцев, но в более поздний период вегетации. Несмотря на более длительный срок пребывания азотобактера в ризосфере капусты, урожай этого варианта мало отличался от урожая третьего варианта.

Наибольший урожай был получен в 5 варианте, где проводилась двойная инокуляция в ранний период роста растений. В этом варианте азотобактер находился в большом количестве в ризосфере растений тоже около двух месяцев, так же как

Таблица 2

Динамика развития азотобактера в прикорневой зоне и урожай капусты в зависимости от разных сроков внесения азотобактерина

№ вариантов	Варианты	Титр азотобактера			Вес 10 коч. в кг		Урожай в %
		время анализа			по повторностям	среднее	
		при высадке в поле 11.VI	вначале за-вивания кочней 30.VII	при уборке урожая 12.X			
1	— — — —	$2,6 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$	23,70 23,14 20,7	22,5	100
2	+ — — —	$2,8 \times 10^3$	1×10^3	$7,5 \times 10^1$	25,8 24,6 24,3	24,9	111
3	— + — —	$4,5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$4,7 \times 10^2$	28,9 24,7 26,9	26,8	119
4	— — — +	$2,6 \times 10^3$	$13,5 \times 10^5$	$2,35 \times 10^3$	29,3 27,4 28,2	28,3	125
5	+ + — —	$4,4 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$	$1,75 \times 10^2$	31,0 32,8 31,0	31,6	140
6	+ + + —	$6,3 \times 10^3$	$6,55 \times 10^3$	$4,2 \times 10^2$	33,5 27,19 28,5	29,73	132

и в четвертом варианте, но в ранний период вегетации. Этим, как видно, объясняется исключительно большая прибавка урожая.

Тройная инокуляция растений не дала преимуществ перед двойной.

Проведенные по такой же схеме опыты на удобренной навозом насыпной почве в ботаническом саду Львовского государственного университета дали аналогичные результаты. Наибольшая прибавка урожая капусты была получена при двойной инокуляции — при посеве и при первой пикировке.

Отсюда напрашивается практический вывод: применять инокуляцию азотобактерином надо не при высадке рассады в поле, а первый раз при посеве, второй раз — при первой пикировке. Это даст значительно большую прибавку урожая и менее трудоемко.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КЛЕВЕРА ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ НА ТОРФЯНИКАХ И МИНЕРАЛЬНОЙ ПОЧВЕ¹

Опыты производились на осушенных торфяниках Сарненской опытной станции Ровенской области и на минеральной почве ботанического сада Львовского государственного университета им. Ивана Франко.

Семена высевались на делянки 0,5—2 м² в зависимости от количества. Всего было посеяно 109 образцов, в том числе клевера лугового — 84, гибридного — 8, горного — 2, среднего — 2, альпийского — 1, ползучего — 6, земляничного — 4, маленького — 2. 51 образец собран автором на лугах рек Горыни и Случ. 58 образцов были получены из Всесоюзного института кормов и Носовской ГСС. Высейные образцы представляли собой лучшие формы естественных лугов Полесья, а также стародавние русские, местные и селекционные клевера, родины которых были БССР, Полесье, Башкирская АССР, Псковская, Молотовская, Ленинградская, Черниговская, Кировская и другие области, а также Италия, Дания, Англия, Германия, США и Швеция.

Посев — беспокровный, уход — периодическая прополка от сорняков.

Проводились фенологические наблюдения, измерялась высота растений и подсчитывалось количество стеблей. Кроме того, в октябре растения убирались и устанавливалась урожайность сырой и сухой массы, а также делалась оценка образца. Наряду с этим, по характеру кущения, типу ветвления и другим косвенным признакам определялась стадийность развития растений. Тип стеблевания (строения куста) устанавливался по Н. Г. Хорошайлову².

* * *

Как показали наблюдения (см. таблицу 1), собранные формы лугового клевера в Полесье, а также селекционные и стародавние исследуемые сорта и популяции были неравноценными по хозяйственным и биологическим признакам. Так,

¹ В статье сохранены номера образцов по каталогам тех учреждений, откуда они получены. Буквами обозначено сокращенное название учреждений: ВИР — Всесоюзный институт растениеводства, ВИК — Всесоюзный институт кормов, НОС — Носовская ГСС, ЛГУ — Львовский университет, а при необходимости приводятся полные названия сортов.

² Н. Г. Хорошайлов. Местные сорта красного клевера, Сельхозгиз, 1952, стр. 151.

если условно отнести к низкоурожайным образцы с урожайностью 100 свежесобранных растений весом до 2 кг, к среднеурожайным — 2—5 кг, к высокоурожайным — 5—9 кг и к выдающимся по урожайности образцы со средним весом 100 растений больше 9 кг, то все образцы по урожайности можно разделить на 4 группы.

Цифры таблицы 1 убедительно доказывают, что на торфяниках многие образцы клевера были более урожайными, чем на минеральной почве.

Таблица 1

Образцы клевера	Урожайность в %	
	на торфах	на минеральной почве
Низкоурожайные	24	42
Среднеурожайные	27	30
Высокоурожайные	39	18
Выдающиеся	10	10

Более детальный анализ полученных урожайных данных показывает, что одна и та же популяция клевера может быть высокоурожайной на торфяниках и низкоурожайной на минеральной почве (ЛГУ-14, ЛГУ-35, ЛГУ-54, ВИК-141, ВИР-620, ВИР-24713 и др.); высокоурожайной на минеральной почве и низкоурожайной на торфяниках (ЛГУ-63, ЛГУ-28, ВИР-22767, ВИР-22730, ВИР-28858); высокоурожайной как на торфяниках, так и на минеральной почве (ВИР-25712, ВИР-22478, ВИР-1572, ВИР-28034, ВИР-24653 и др.); низкоурожайной на торфяниках и минеральной почве (ЛГУ-22, Носовский 5, ВИК-7, Черниговский 2-укосный); среднеурожайной на торфяниках и низкоурожайной на минеральной почве (ЛГУ-45, ЛГУ-30, Красноуфимский одноукосный, ВИР-21987); низкоурожайной на торфяниках и среднеурожайной на минеральной почве (ЛГУ-39, ЛГУ-31, НОС-189); среднеурожайной на торфяниках и минеральной почве (ЛГУ-39, ЛГУ-31, Носовский 2-укосный, ВИР-29504, ВИР-27783, ВИР-5670). Таким образом, по урожайности коллекция лугового клевера условно может быть разделена на 7 вышеуказанных групп, причем наибольшей урожайностью обладали стародавние и селекционные сорта, хотя и они вели себя по-разному на торфяниках и минеральной почве, урожайность их была или очень высокой, или, наоборот, низкой. Такая реакция на условия внешней среды (в нашем случае — выращивание на торфянике и минеральной почве) свидетельствует о больших возможностях получения

высоких урожаев клевера при помощи правильных приемов возделывания, определяющих усиленный рост растений, а также подбора и районирование наиболее урожайных сортов и популяций. Последнее указывает на необходимость селекции и семеноводства клевера для конкретных почвенных и климатических зон с целью замены малопродуктивных форм, возделывание которых может быть основной причиной низкой урожайности и продуктивности клеверных лугов и пастбищ, а также смесей многолетних трав.

Урожайность зеленой массы и сена клевера, как известно, зависит от особенностей роста и развития растений и стадийности, которые определяются наследственностью растений во взаимодействии с условиями возделывания. Так, коллекция клевера, которая была высеяна 18. V 1954 г. на минеральной почве во Львове и 28. V 1954 г. на торфяниках Сарненской опытной станции, вела себя неодинаково, несмотря на то, что климатические условия сближались, благодаря вышеуказанным срокам сева. Это подтверждается различием растений одних и тех же образцов по высоте, стадийности, фазам развития, ветвистости и другим признакам. Например, по высоте выделялись популяции, растения которых были высокими на торфяниках и низкими на минеральной почве (ЛГУ-54, ВИР-5670, ВИК-141); низкими на торфяниках и высокими на минеральной почве (ЛГУ-39, ВИР-22767, ВИР-25711, ВИР-27618, ВИР-24653 и др.); примерно одинаковые по высоте растения одних и тех же форм клевера на торфяниках и минеральных почвах (ЛГУ-35, ЛГУ-22, Носовский 189, ВИК-194, ВИР-28325, ВИР-19614 и др.).

Несмотря на то, что уборку клевера, выращенного на минеральной почве, проводили на месяц раньше (28. VIII 1954 г.), чем клевера, высеянного на торфянике (2. X 1954 г.), на минеральной почве растения, как правило, развивались быстрее (таблица 2).

По типу развития (стадийности) все образцы распределялись по трем группам: яровой тип, полуозимый и озимый. На торфах было 33% яровых форм, 32% полуозимых и 35% озимых, а на минеральных почвах — 57% яровых, 30% полуозимых, 13% озимых.

Приведенные данные подтверждают известные положения теории стадийного развития о том, что озимость и яровость — понятия условные, если их рассматривать вообще, и вполне конкретные — если изучать вопросы развития определенных форм или сортов в конкретных условиях. Например, собранные нами формы клевера в Полесье в тех условиях развивались, как яровые — 56% образцов, как полуозимые — 26% образцов и как озимые — 18%, а в условиях Львовской области 82% образцов были яровыми, а 18% озимыми, причем, как показали наши наблюдения, озимость или яровость, а также тип

стеблевания (строение куста) почти не связаны с количеством междоузлий. Например, 4—5 междоузлий имели яровые формы (ВИР-4503, ЛГУ-53, ВИР-2186), а также полуозимые (ВИР-28858, ЛГУ-55, ВИР-21987). 6—8 междоузлий также встречались как у яровых, так и озимых популяций, поэтому количество междоузлий на стебле растений клевера не может служить надежным показателем при характеристике клевера по стадийности и скороспелости. В данном случае необходимо учитывать целый комплекс признаков, куда входят фазы развития, тип стеблевания, длина вегетационного периода, особенности роста растений и другие.

Таблица 2

Фазы развития клевера лугового во время уборки в 1954 г.

Фазы развития	На торфяниках		На минеральной почве	
	количество образцов	о „	количество образцов	о „
Кущение	24	35	4	5
Стеблевание	1	1	—	—
Бутонизация	2	1	7	8
Начало цветения	8	12	7	9
Цветение	7	10	7	9
Начало побурения головок	2	3	17	20
Массовое побурение соцветий	24	35	41	49
Побурение-созревание	2	3	—	—
Всего образцов	67	100	83	100

Для более полной характеристики изучаемых форм и сортов клевера не маловажное значение имеет оценка их по облиственности и биохимическим показателям. По облиственности образцы клевера разделялись на хорошо и плохо облиственные, однако определенных закономерностей этих изменений установить не удалось. Что же касается биохимических показателей, то они еще устанавливаются, поэтому здесь интересно привести данные по содержанию каротина в листьях некоторых образцов лугового клевера, которые выращивались на минеральной почве. Согласно определениям лаборантки Карпович по содержанию каротина различается две группы образцов: 255—317 мг каротина в кг сырой массы (Глория, Яблунковский, ЛГУ-19, 20, 55, 28) и 57—86 мг каротина в кг листьев

(ЛГУ-14, 45, 63, 22, 30, 54, 35, 29). Исследуемые образцы лугового клевера Полесья разнокачественны по содержанию каротина и нередко по этому показателю не только не уступают культурному клеверу, но и превосходят его.

* * *

Из других видов клевера заслуживают внимания образцы клевера гибридного, ползучего и среднего.

Лучшими формами гибридного клевера на торфяниках оказались ЛГУ-38, 36, 25. На минеральной почве к группе посредственных можно отнести образец ЛГУ-38, остальные имеют низкие урожайные данные, которые вполне закономерны, если учесть биологические особенности гибридного клевера и повышенную требовательность его к влаге.

Хорошим также оказался клевер средний ЛГУ-34, а также клевер ползучий — ЛГУ-7, 27, 17.

ВЫВОДЫ

1. Собранные формы лугового клевера в Полесье, а также селекционные сорта и популяции, полученные из других мест, неравноценны по хозяйственным и биологическим признакам. Например, по урожайности коллекция лугового клевера делилась на 7 групп от образцов, выдающихся по урожайности, до низкоурожайных, причем наибольшей урожайностью обладали селекционные и стародавние местные сорта.

2. На суглинистой (минеральной) почве образцы клевера, как правило, ускоряли развитие и замедляли рост в сравнении с растениями тех же образцов, но выращиваемых на торфяниках. Многие образцы, проявившие себя на минеральной почве как яровые, при возделывании на торфяниках вели себя как полуозимые или озимые. Это указывает на необходимость исследования вопросов развития определенных форм или сортов клевера в конкретных климатических и почвенных условиях и районах.

3. Выделены 3 группы лучших перспективных сортов и форм лугового клевера, проявивших себя при возделывании и изучении на торфяниках и минеральной почве: 1) для торфяников и минеральной почвы (ЛГУ-39, 31, 55, 20, Глуховский, ВИР-24986, 25711, 22478, 1572, 24861, 24653; 2) для минеральной почвы (ЛГУ-63, 28, 19, 46, 52, 53, 5, ВИР-27730, 28858, 22479, 26638); 3) для торфяников (ЛГУ-21, 14, 35, 45, 54, ВИР-27611, 620, 25093, 19613, 22623).

4. Найдены высокоурожайные формы, особенно для торфяников, гибридного, среднего и ползучего клевера, которые, однако, требуют дальнейшего изучения их хозяйственных и биологических особенностей.

КЛЕВЕРА РАЙОНОВ ПОЛЕСЬЯ, РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Значение клевера для сельского хозяйства общеизвестно. Он является лучшим компонентом злаково-бобовых травосмесей в средней и северной полосе СССР, а также наиболее ценным кормовым растением.

В условиях Полесья УССР возделывание клевера ограничено из-за преждевременного его выпадения.

Мы поставили задачу изучить биологические особенности клевера и выяснить причины преждевременного выпадения с целью разработки методов его развития в районах Полесья. При этом мы старались выявить ценные популяции для использования их колхозами полесских районов УССР.

Выполнение поставленной задачи требует многолетних исследований.

Участвуя в 1953 г. в комплексной полесской экспедиции Львовского государственного университета, мы поставили цель выявить лучшие естественные клевера в районах Полесья, Ровенской области, по рекам Горынь и Случ, а также собрать семена и загербаризировать наиболее типичные растения.

В 1953 г. главным методом исследования клеверов Полесья был экспедиционный. Во время экспедиции делалась общая оценка травостоя, отдельных форм клевера, определялся тип почвы, кислотность, механический состав и др. Наши исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Как известно, из 300 произрастающих на земном шаре видов клевера на Украине найдено 24¹. В районах Полесья, Ровенской области, мы в настоящее время обнаружили 13 видов. Причем самым распространенным оказался наиболее ценный — луговой клевер. Так, из собранных нами семян 64 популяций 13 видов — 18 популяций принадлежат луговому клеверу. Столь большое многообразие клевера, произрастающего на самых разнообразных почвах и при относительно высокой кислотности ($pH = 4,4$), свидетельствует о возможности развития его культуры в полесских районах УССР.

2. В обследованных нами районах Ровенской области не выявлено хороших травостоев 2-летнего пользования сеяного красного клевера. Считается, что основной причиной выпадения клевера на торфяниках является избыток азота и воды, а на песчаных почвах — недостаток питательных веществ и воды. Первые наблюдения над естественно-растущими популяциями клеверов не дают основания для полного подтвержде-

¹ См. М. І. Котов, Е. Д. Карнаух і П. О. Опперман, Дикі кормові рослини УРСР, Київ, 1941, стор. 135.

ния этого, и мы думаем, что причина преждевременного выпадения культурного клевера кроется, во-первых, в том, что используются привозные популяции, во-вторых, не разработаны приемы возделывания клевера, соответствующие биологическим особенностям клевера и конкретным условиям внешней среды.

3. Лучшими почвами для клевера в обследованных районах являются почвы, содержащие много гумуса, илистых частиц, песка, при рН почвы 5,8—6,6 и достаточной ее влажности.

4. Обращают на себя внимание отличные клеверные луга и его популяции вдоль р. Горынь таких сел, как б. Ципцевичи, Трискино, Нетреба, Ремчичи, Тутовичи, Кричильцы, Тыклевки и др. Лучшие места этих и других лугов вдоль рек Горыни и Случ нужно сохранять и использовать для семенных целей, для сбора семян и искусственного подсева травостоев лугов, а также, по возможности, для травопольных севооборотов — в первую очередь кормовых и лугопастбищных. Наиболее перспективны в этом отношении луговой, гибридный, ползучий клевера. Они представлены большим многообразием форм, лучшие из которых должны служить исходным материалом также и для селекции.

5. Обнаружены формы клубеньковых бактерий клевера, которые могут нормально размножаться при рН почвы 4,4—4,6, что, видимо, указывает на возможность применения специально выведенных штаммов бактерий для инокуляции семян клевера, высеваемых на этих почвах.

6. Заслуживает внимания популяция открытозевого лугового клевера, найденного на серой лесной песчаной почве в окрестностях Сарненской опытной станции, как популяция, легко опыляемая насекомыми.

7. Характер развития корневой системы клеверов находится в тесной зависимости от воздушно-водного режима почвы и близости к поверхности уровня грунтовых вод. Так, разветвление корневой системы выражено тем сильнее, чем выше уровень грунтовых вод и неблагоприятнее воздушный режим почвы из-за избытка влаги. И, наоборот, при нормальном воздушно-водном режиме почвы и глубоком уровне грунтовых вод корневая система клевера ветвится слабо или не ветвится и имеет ясно выраженную стержневую форму. Видимо, клевера с поверхностной разветвленной корневой системой наиболее подходящи для торфяников и почв с близким уровнем грунтовых вод, а для песчаных почв в первую очередь пригодны клевера с глубокой стержневой системой.

8. Весьма интересна также корневая система люпиновидного клевера. Она имеет утолщения на главном и боковых корнях длиной 8—10 см, шириной (вверху) 1—1,5 см. От корней отходят корневые отпрыски, дающие начало образованию новых растений. Таким образом, люпиновидный клевер размно-

жается как семенным путем, так и вегетативно. Вегетативное размножение во многом определяет куртинное распространение этого клевера на лугах, в лесах и других местах произрастания.

9. Клевер гибридный более устойчив к избытку влаги, чем луговой. Однако верхняя часть почвы, где находится его основная часть корней, должна быть хорошо аэрируемой. Видимо, этим можно объяснить факт исключительно хорошего роста и обильного цветения растений на низинных перепаханных лугах реки Горынь, что необходимо учитывать особенно при коренном улучшении лугов.

10. Обращает на себя внимание выдающаяся выносливость к неблагоприятным условиям внешней среды растений ползучего клевера. Формирование его органов зависит от экологических условий: в ряде случаев по крупности листьев, по травостой он не уступает луговому клеверу (на низинных сенокосных лугах), однако на пастбищах он растет медленно, хотя распространен очень обильно и отрастает быстро. Клевер ползучий необходимо широко использовать на тех почвах, где не произрастают посевной или луговой, особенно для лугопастбищных севооборотов, для чего нужно организовать сбор и размножение семян этого клевера на лугах колхозов.

11. Исключительная выносливость к неблагоприятным условиям на избыточно-влажных и уплотненных почвах растений ползучего клевера определяется, с одной стороны, биологическими особенностями растений, которые необходимо изучить, и, с другой, — легким укоренением стеблей и поверхностным распространением корней в почве.

12. Клевер земляниковидный по биологическим особенностям очень близок к клеверу ползучему, а по солевыносливости превосходит его. Он легко вымолачивается и дает отличное сено, которое охотно поедается животными. На сенокосных лугах реки Горынь с. Тутовичи, Сарненского района, произрастает хорошо облиственный, нередко достигающий 45—50 см высоты, земляничный клевер, который превосходит по хозяйственно-ценным признакам растущий там ползучий клевер.

Наши исследования клеверов полесских районов, Ровенской области, на поймах рек Случ и Горынь показали, что наряду с высокоурожайными и ценными сенокосными и пастбищными лугами есть малопродуктивные, которые требуют коренного улучшения. Использование земель малопродуктивных лугов для посева ценных фуражных, технических, силосных и корнеплодных культур, а также высокоурожайных многолетних бобовых и злаковых трав поможет создать прочную кормовую базу для животноводства в этих районах и успешно выполнить постановления Пленумов ЦК КПРС по сельскому хозяйству.

К ВОПРОСУ О ПЕРЕЛИВАНИИ ЧУЖЕРОДНОЙ ПЛАЗМЫ

Переливание крови широко распространено как метод профилактики и лечения разнообразных заболеваний. Однако ресурсы крови ограничены. Это и явилось стимулом к поискам заменителей, которые по своим свойствам были бы близки к человеческой крови. Одним из наиболее полноценных заменителей крови является нативная и сухая человеческая плазма. Но получение ее, так же как и крови, ограничено и дорого стоит.

В настоящее время ученые занимаются исследованиями возможности переливания человеку крови или плазмы животных. Получены ценные кровезаменители: лечебная сыворотка Беленького, препарат БК-8 и др. Исследованиями И. И. Федорова была доказана возможность переливания чужеродной крови совместно с адреналином в эксперименте и клинике.

По предложению проф. И. И. Федорова, мы проверили возможность переливания чужеродной плазмы совместно с адреналином. С этой целью было поставлено четыре серии опытов на собаках. Опыты проводились по следующей методике. Животные фиксировались на операционном столе. Под местным новокаиновым обезболиванием выделялись бедренные сосуды и общая сонная артерия. Последняя использовалась для регистрации кровяного давления. Дыхание записывалось при помощи иглы, введенной в трахею и соединенной с капсулой Маррея. После записи кровяного давления и дыхания производилось переливание человеческой или бычьей плазмы из расчета 10 мл на 1 кг веса собаки.

В первой серии опытов в бедренную вену собак медленно вводилась чужеродная плазма, чтобы выяснить наличие шоковой реакции. Из 5 опытов этой серии в 4 в ответ на введение чужеродной плазмы развивался посттрансфузионный шок, который сопровождался падением кровяного давления, общим начальным возбуждением, переходящим в протрацию, а также характерным для шока изменением дыхания.

Во второй серии опытов нормальным животным вводилась чужеродная плазма совместно с раствором (1:1000) адреналина. Дозы вводимого адреналина варьировали от 0,04 до 0,1 мл на 1 кг веса тела.

Результаты опытов показали, что у 2 животных из 4 подопытных отмечалась картина посттрансфузионного шока, сопровождавшаяся снижением кровяного давления после кратковременного его подъема. В двух других опытах отмечался адре-

налиновый эффект с последующим возвращением кровяного давления к исходному уровню.

В третьей серии опытов вводилась чужеродная плазма совместно с адреналином на фоне кровопотери. Количество выпущенной крови приближалось к количеству вводимой плазмы (10 мл на 1 кг веса тела). Дозы адреналина не превышали 0,04—0,05 мл на 1 кг веса тела.

Из опытов данной серии следует, что внутривенное введение чужеродной плазмы совместно с адреналином на фоне сниженного кровопусканием кровяного давления в двух опытах вызвало после кратковременного повышения кровяного давления его резкое падение. В одном опыте кровяное давление после введения плазмы с адреналином не изменилось и даже повысилось к концу опыта. В 2 опытах после введения чужеродной плазмы с адреналином наблюдалось повышение кровяного давления.

Ввиду того, что в ряде опытов внутривенное введение гетерогенной плазмы совместно с адреналином привело к снижению кровяного давления, которое могло быть не только следствием шокогенного действия гетерогенной плазмы, но и адреналиновым шоком (Батрак), мы в IV серии опытов добавляли к плазме 10% глюкозы. По мнению ряда авторов (Сперанской-Степановой, Васильевой и др.), глюкоза снижает токсические свойства ряда веществ, в том числе и адреналина. Опыты IV серии проводились по следующей методике. После кровопотери (10 мл на 1 кг) внутривенно вводилась половина всей дозы чужеродной плазмы с добавлением в нее глюкозы (10%). Затем к оставшейся плазме с глюкозой добавлялся раствор адреналина 1 : 1000 из расчета 0,03—0,05 мл на 1 кг веса тела. Указанная постановка опытов позволила отдифференцировать реакцию одного и того же животного на плазму без адреналина и плазму с адреналином. Полученные данные сведены в таблицу (стр. 40).

Приведенные в таблице результаты исследований показывают, что в 4 опытах после переливания плазмы с глюкозой отмечалось снижение кровяного давления и другие симптомы шока. Последующее переливание той же плазмы совместно с глюкозой и адреналином вызывало мощный подъем кровяного давления. Через несколько минут кровяное давление снижалось, но оставалось на высоких цифрах до конца эксперимента.

В 2 опытах после переливания чужеродной плазмы с глюкозой отмечалось снижение кровяного давления, которое устранялось последующим переливанием той же плазмы с глюкозой и адреналином. Однако подъем этот был непродолжителен, и к концу опыта кровяное давление снижалось ниже исходных цифр.

В 2 опытах после переливания гетероплазмы с глюкозой

Таблица

Изменения кровяного давления у собак после введения гетерогенной плазмы с глюкозой и адреналином

Дата опытов	Исходное кровяное давление в мм рт. ст.	Кровяное давление после кровопускания в мм рт. ст.	Кровяное давление после введения плазмы с глюкозой в мм рт. ст.	Кровяное давление после введения плазмы с глюкозой и адреналином в мм рт. ст.	Кровяное давление через 10—20 мин
5/V —53	190/60	150/120	—	170/150	120/100
26/V —53	160/120	100/80	70/60	170/160	80/70
1/VI—53	180/140	120/100	50/40	110/90	110/105
5/VI—53	190/170	190/170	220/205	220/205	200/190
10/VI—53	160/130	150/120	140/120	220/140	150/110
12/VI—53	160/130	120/100	50/45	120/110	120/110
19/VI—53	170/160	130/100	70/50	260/190	140/120
20/VI—53	170/120	170/120	140/120	220/130	140/100
25/VI—53	180/150	160/130	160/120	190/120	160/120

кровяное давление не изменилось и у животных шока не обнаружено.

В одном опыте на фоне кровопотери сразу переливалась плазма с глюкозой и адреналином. Кровяное давление после непродолжительного повышения упало ниже исходных цифр.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Внутривенное введение гетерогенной плазмы в большинстве опытов вызывает падение кровяного давления и другие симптомы шока.

2. Внутривенное введение гетерогенной плазмы совместно с раствором адреналина 1 : 1000 (0,05 мл на 1 кг веса тела) нормальным животным и на фоне кровопотери в большей части опытов вызвало кратковременное значительное повышение кровяного давления, которое у некоторых животных сменилось снижением кровяного давления ниже исходных цифр.

3. Внутривенное введение гетероплазмы совместно с 10% глюкозы и раствором адреналина в большинстве опытов не вызывало у животных посттрансфузионного шока и даже купировало шок, вызванный предшествующим переливанием гетерогенной плазмы.

ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛОКНА У ЮЖНОЙ КОНОПЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ПОСЕВА

Климатические условия Львовской области характеризуются, как правило, мягкими зимами, большой продолжительностью вегетационного периода. В этих условиях культура южной конопли должна представить несомненный интерес. Однако поведение южной конопли в наших климатических условиях не изучено, а поэтому необходимость таких исследований очевидна.

Прежде всего необходимо выяснить сроки посева южной конопли. Этому вопросу и посвящена наша работа.

Имеются указания, что условия внешней среды прямо или косвенно влияют на формирование волокна. А. П. Дяконов (1930), В. Г. Александров и М. С. Яковлев (1935) отмечают, что низкие температуры в раннем периоде развития конопли способствуют образованию большего количества волокна и улучшают его качество. В. С. Хренникова (1940) установила, что урожай волокна зависит от наличия влаги в первую половину вегетационного периода, в поздних посевах качество волокна ухудшается, волокно образуется тонкостенное, с большой полостью клетки. Формирование волокна начинается в фазе двух пар листьев и заканчивается в фазе физиологической спелости; условия, в которых находится растение в этот период, определяют формирование волокна (А. В. Астахова, 1952).

Нами проводились посевы конопли в следующие сроки: 2 подзимних посева (18 октября и 13 ноября); 2 ранневесенних (7 апреля и 7 мая); 1 поздневесенний (24 мая) и 3 летних посева (8 и 24 июня и 10 июля). Анатомическое исследование стебля проводилось с момента формирования двух пар листьев, через каждые 10 дней до созревания поскони. Ниже помещаются данные по волокну в фазе образования двух пар листьев и в фазе созревания поскони.

В подзимних посевах в фазе двух пар листьев волокна содержится немного, но качество его лучше. Просвет клетки 7,0—7,82 мкн; в ранневесеннем посеве 7 апреля просвет клетки несколько больше, но клетки крупнее. В посеве 7 мая волокна в фазе двух пар листьев еще нет.

В поздневесеннем посеве и в летних посевах количество волокна резко возрастает, одновременно увеличивается просвет клетки. Клетки, как правило, тонкостенные, часто с неправильным, неравномерным утолщением оболочки.

В фазе созревания поскони, как это видно из таблицы 2, количество первичного волокна наибольшее в подзимнем и в поздневесеннем посевах, в летних посевах количество

Таблица 1

Количество и качество волокна конопли в зависимости от сроков посева в фазе двух пар листьев у матерки

Дата посева	Диаметр стебля в мм	Количество волокон		Длина первичного волокна в мм	Диаметр первичного волокна в мкм	Толщ. оболочки первич. волокна в мкм	Просвет клетки в мкм
		первичное	вторичное				
18.X.53	1,4	164	—	1,65	19,29	6,05	7,82
13.XI	1,18	201	—	1,48	18,26	5,63	7,00
7.IV	1,32	124	—	1,61	21,08	5,59	9,9
7.V	1,37	волокна еще нет					
24.V	2,05	484	431	1,84	23,6	6,66	9,28
8.VI	1,63	514	—	3,84	21,14	5,16	10,82
24.VI	1,72	575	—	3,9	25,84	7,26	11,32
10.VII	1,33	123	—	1,81	21,84	6,44	8,96

первичного волокна уменьшается, а вторичного волокна нет совсем. Наиболее длинное и лучшего качества волокно в подзимнем посеве, так как оно крупное, толстостенное и без одревеснения оболочек.

Таблица 2

Количество и качество первичного волокна конопли в зависимости от сроков посева в фазе созревания поскони (в средней части стебля)

Дата посева	Диаметр стебля в мм	Высота растения в см	Мысль	Количество волокон		Длина волокна в мм	Диаметр первичных волокон в мкм	Толщина оболочки первич. волокна в мкм	Просвет клетки
				первичное	вторичное				
18.X	12,0	329,8	272	8326	9384	16,88	24,36	8,38	7,60
13.XI	12,3	—	—	7218	8842	16,98	25,16	8,86	7,44
7.IV	8,8	276,0	314	4356	1584	13,84	21,36	8,86	3,64
7.V	11,4	223,2	295	8621	5320	12,16	22,16	7,62	6,92
24.V	11,2	252,4	225	8360	1428	13,86	27,81	8,01	11,79
8.VI	11,8	296,2	251	2790	1404	13,79	23,16	8,01	7,14
24.VI	10,2	220,6	242	2984	—	13,86	28,82	8,16	12,5
10.VII	12,1	164,4	136	4526	—	14,46	22,89	7,1	8,69

Из полученных данных ясно, что в условиях Львова южная конопля вполне может произрастать, так как развитие ее протекает удовлетворительно, растения достигают большой высоты (3 и более метров). Семена успевают созреть к середине сентября, формирование волокна, его количество и качество хорошие, волокнистость растений высокая.

Мыклость, как показатель волокнистости у южной конопли, колеблется в пределах 250—350, у среднерусской местной — 176—264.

Принятые в условиях западных областей Украины сроки посева конопли (конец мая — начало июня) в наших опытах дали более низкие показатели качества и количества волокна.

Лучшие показатели получены при ранневесенних и подзимних посевах. Растения подзимних и ранневесенних посевов не поражались конопляной блохой.

А. С. ПАЛАМАРЧУК

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КЛЕВЕРА В ГОРЕЦКОМ РАЙОНЕ БССР И НА НЕКОТОРЫХ ЛУГАХ РЕК ГОРЫНЬ И СЛУЧ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ГОРНОГО КЛЕВЕРА В СВЯЗИ С ЕГО МЕСТООБИТАНИЕМ

В настоящем сообщении излагаются данные о ценных клеверных лугах Горецкого района БССР и рек Горынь и Случ, а также о некоторых интересных особенностях строения корневой системы горного клевера в связи с его местобитанием. Эта работа — результат предыдущих экспедиционных наблюдений автора (см. «Клевера полесских районов Ровенской области»). Обследованы луга рек Случ (сел Копыловка и Люкчи) и Горынь (луга сел Берестя, Беяличи, Горяница и Дубровиц) Ровенской области и луга сел Задорожье, Серовец, окрестностей станции Погодино и г. Горки Горецкого района БССР.

В этих районах было собрано 28 образцов семян семи видов клевера (луговой, гибридный, средний, ползучий, горный, земляничный и маленький), причем на лугах рек Горыни и Случ найдено 13 образцов шести видов (луговой, средний, ползучий, гибридный, земляничный, маленький) и на лугах Горецкого района — 15 образцов пяти видов (луговой, гибридный, средний, ползучий и горный). Интересно, что горный и средний клевер на лугах Горецкого района встречается более обильно, чем на лугах рек Горынь и Случ, где он представлен

в виде небольших куртин или одиночных растений. Во всех перечисленных районах наиболее распространены луговой и ползучий клевер, менее — гибридный и другие виды.

Горецкий район характеризуется разнообразным рельефом местности, что определяет резкое различие в водном и пищевом режимах растений на склонах и в ложбинах. Видимо, в этом главная причина появления разных по биологическим особенностям видов клевера, например, горного и лугового, среднего и гибридного, а также ползучего. Большинство лугов Горецкого района затапливается, однако встречаются луга с разными склонами, где влага и питательные вещества задерживаются слабо. На возвышенных местах мы нашли превосходные формы горного клевера.

Известно, что горный клевер до цветения хорошо поедается лошадьми, овцами и крупным рогатым скотом. Сено его содержит значительное количество белковых веществ (16—17%), безазотистых экстрактивных — (34—35%) и другое¹.

Горный клевер является превосходным медоносом. Недостаток его: быстрое одревеснение после цветения, поэтому горный клевер нужно скашивать на сено до начала цветения. Этот вид в Бельгии введен в культуру.

Биология горного клевера изучена слабо. Между тем для познания генезиса клеверов и их органогенеза в связи с местобитанием знание биологии крайне необходимо. Не останавливаясь на этом вопросе, отметим некоторые детали особенностей морфологического строения этого вида клевера. Так, у растений горного клевера, которые мы собрали в Горецком районе БССР на возвышенностях была сильно развита корневая система и слабо — надземная. Стебли имели высоту 17—45 см, причем на каждом стебле было по 1—2 соцветия длиной 9—11 мм. У растений того же вида, но собранных в смешанном лесу, в 5 км от Сарненской опытной станции, высота стеблей равнялась 30—62 см. Стебли заканчивались 3 соцветиями 10—20 мм длины и 10—15 мм ширины. Хотя листьев на стебле оказалось столько же, как и у растений, собранных в Белоруссии; они были в 5—8 раз крупнее. Особый интерес вызвали морфологические признаки строения корневой системы (см. рис. 1).

У растений, собранных в Горецком районе, корневая система была стержневой (рис. 1 а) и уходила вглубь более чем на 2,5—3 м. При этом верхняя часть корня, неразветвленная, имела длину 35—44 мм, ширину 9—12 мм и представляла собой сильно укороченный стебель, на котором ежегодно образовывались новые почки и побеги.

Растения горного клевера, найденные в Ровенской области (смешанный лес, 5 км от Сарненской опытной станции), имели

¹ М. І. Котов, Є. Д. Карнаух, П. О. Опперман. Дикі кормові рослини УРСР. Київ, АН УРСР, 1941, стор. 145—146.

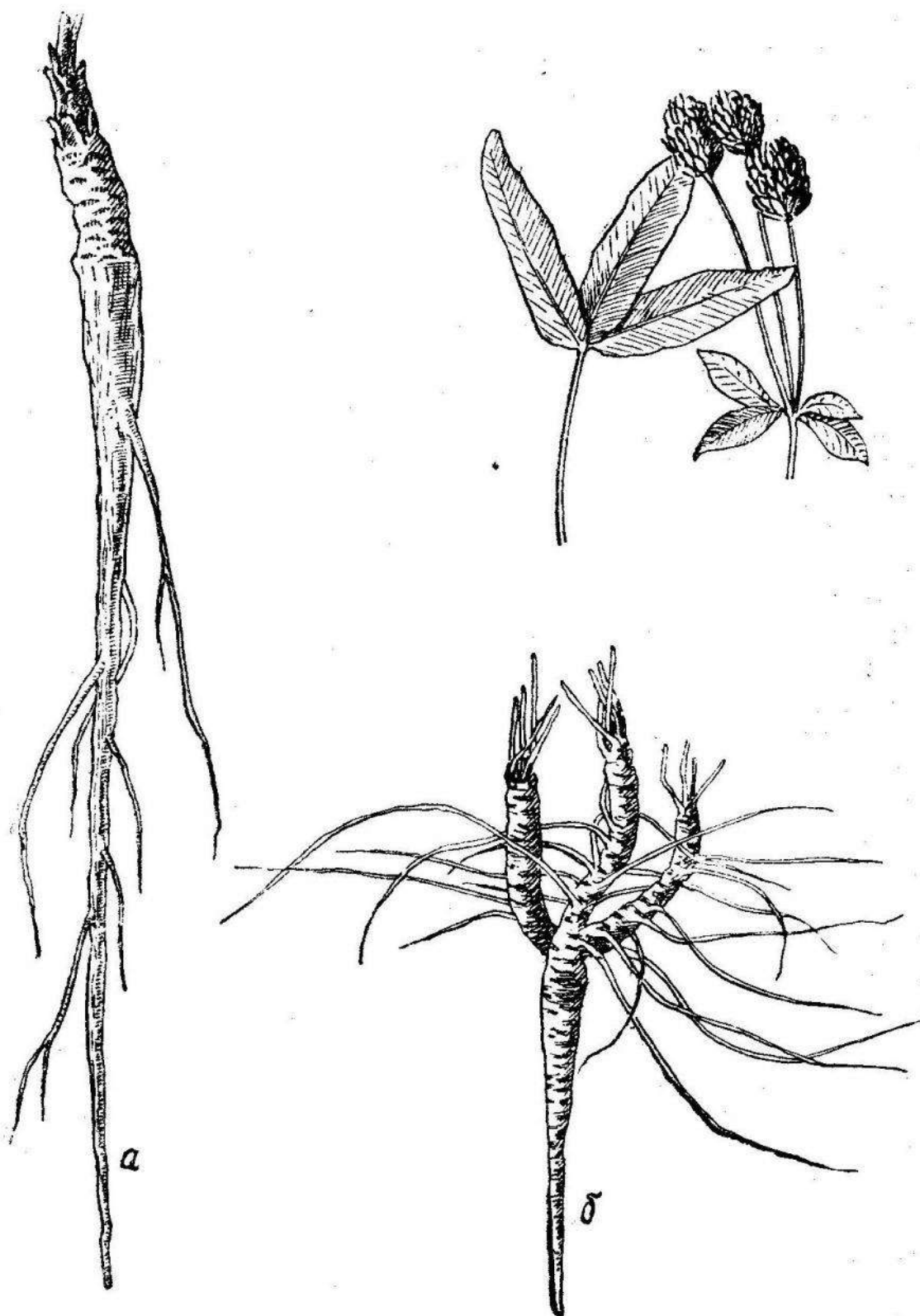


Рис. 1.

а — корневая система горного клевера, собранного в Горецком районе БССР.
 б — корневая система, соцветие и лист горного клевера, собранного в Сарненском районе, Ровенской области, УССР.

по несколько укороченных стеблей («головок», рис. 1 б), чаще по 2—3 — длиной 20—39 мм, толщиной 3—7 мм, от которых самостоятельно отходили розеточные листья, цветоносы и боковые корни толщиной 3—4 мм и длиной свыше 20—40 см. Главный корень у горного клевера был в 2—3 раза короче, чем у растений того же вида, собранных в Белоруссии. То же относится и к толщине, которая у растений, собранных в Ровенской области, равнялась 4—6 мм, а толщина главного корня у «белорусских» — 9—14 мм, причем ответвление главного корня «белорусских» растений находилось не у поверхности, как у растений горного клевера, собранных в Сарненском районе, а на значительной глубине (10 см и глубже). В отличие от корней горного клевера Сарненского района, корень «белорусских» растений был сильно утолщен. Это, на наш взгляд, объясняется особенностями почвенного, воздушного, водного режимов и другими факторами, характерными для местообитания найденных форм горного клевера. Так, «сарненский» горный клевер произрастал на почве мощностью 10—12 см и меньше, под которой находился песок, а грунтовые воды были не глубже 1—2 м. Рассеянный свет в лесу, близкий уровень грунтовых вод, повышенные влажность и температура воздуха усиливали разрастание надземной части, вызывали ветвление и ограничивали рост корней в глубину.

Совершенно другие условия произрастания горного клевера, найденного в Белоруссии на открытых возвышенностях, где грунтовые воды находились довольно глубоко, на 4 и более метров от поверхности почвы, что и способствовало сильному корнеплодообразному глубокому разрастанию главного корня и слабому — надземной массы.

Кроме горного клевера, в Горецком районе, Могилевской области, часто встречался луговой клевер и редко — гибридный. Иногда луговой клевер произрастает у террас, или на возвышенностях, однако роль его в травостое здесь незначительна. Он представлен одиночными растениями или отдельными куртинами, которые особенно многочисленны в окрестностях станции Погодино и г. Горки БССР. В противоположность лугам Горецкого района, многие луга рек Горынь и Случ богаты клеверами. Например, на лугу с. Люкчи, по правую сторону р. Случ, исключительно распространен клевер маленький, высота которого 50—60 см. Нам приходилось наблюдать места, где травостой состоял из одного этого клевера, который охотно поедался крупным рогатым скотом и лошадьми, а также давал превосходное сено. Кроме клевера маленького, здесь часто встречается клевер луговой, реже — гибридный и ползучий, совсем мало клевера земляничного.

Несколько беднее клеверами луг с. Копыловки, р. Случ, хотя и на нем отдельные места сплошь заняты луговым клевером. Интересно, что на этом лугу куртинами растет клевер

средний, его нам не удалось обнаружить на других лугах рек Горынь и Случ. Нередки также случаи произрастания у болот гибридного клевера вместе с осоками. Луга же р. Горынь сел Берестя, Горяница, Белятичи, Дубровец, Ровенской области, клеверами бедны, хотя изредка встречаются куртины или единичные растения клевера красного, ползучего, земляничного, маленького и гибридного. Однако и на этих лугах ведущее место занимают луговой и ползучий виды клевера.

И. А. МЕДЯНИК, Л. А. МЕДЯНИК, Я. В. ОЛЕИНИК

РОЛЬ СУЛЬФИДРИЛЬНЫХ ГРУПП БЕЛКА В УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖИВОТНЫХ

Современная физиология, опираясь на марксистско-ленинскую теорию отражения, вступила на путь экспериментального разрешения проблемы ощущения, т. е. «превращение энергии внешнего раздражения в факт сознания»¹.

При этом особенно важное значение приобретает анализ роли белковых тел и обмена веществ в ходе рефлекторных процессов как основы жизнедеятельности животных. Разработка этого вопроса связана с учением о функциональных белках (А. Я. Данилевский, Б. А. Энгельгардт, А. В. Палладин, Г. Е. Владимиров, Х. С. Коштоянц и другие).

Особенно интенсивно разрабатывается эта проблема Х. С. Коштоянцем и его сотрудниками (1951). Ими доказано значение сульфгидрильных групп белка во многих физиологических процессах, в том числе и в безусловнорефлекторной деятельности спинного мозга, в нервной регуляции кровяного давления, сердечной деятельности и секреции поджелудочного сока, а также в интерорецепторной сигнализации. При этом блокировка сульфгидрильных групп белка хлористым кадмием ослабляет, понижает или временно выключает проявления той или иной реакции. Освобождение сульфгидрильных групп цистеином снимает тормозящее действие кадмия и способствует возобновлению нормального течения физиологических процессов. В последнее время Х. С. Коштоянц и его сотрудники (1954) доказали, что такой эффект наступает также при раздражении блуждающего нерва и действии ацетилхолина на сердце.

Новейшие исследования биохимиков (А. В. Палладина, Е. М. Крепса, Е. А. Владимирова, Д. Л. Фердмана и других) экспериментально подтвердили учения И. М. Сеченова и И. П. Павлова о роли белковых тел в процессах, лежащих в основе высшей нервной деятельности животных.

¹ В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 39.

Цель настоящей работы — изучить участие сульфгидрильных групп белка в течении процессов коркового возбуждения и торможения, а также в передаче корковых влияний на деятельность внутренних органов.

На 7 собаках было поставлено 197 опытов. В первой серии опытов исследовалось участие сульфгидрильных групп белка в процессах коркового возбуждения. У животных были воспитаны положительные натуральные и искусственные пищевые, а также двигательные условные рефлексы. Затем собакам вводился перорально 1 мл 1-проц. раствора хлористого кадмия или 5 мл 1-проц. раствора хлористого железа. В других вариантах этой серии опытов, наряду с введением указанных веществ, животному давали 5 мл 1-проц. раствора цистеина.

Результаты исследований показали, что введение хлористого кадмия вызывает удлинение латентного периода условнорефлекторного слюноотделения, а также понижает величину положительных условных пищевых рефлексов, причем последние иногда полностью исчезают. В опытах с влиянием хлористого кадмия на условные оборонительные рефлексы наблюдается та же закономерность. Однако в этих случаях фазе понижения и ослабления условнорефлекторной деятельности предшествует период (15—20 минут) повышения величины условных оборонительных рефлексов и укорочение времени латентного периода условнорефлекторной реакции.

Введение хлористого железа оказывает такое же действие на условнорефлекторную деятельность животных. Цистеин снимает тормозящее действие хлористого кадмия и железа на процессы коркового возбуждения, укорачивает латентный период и восстанавливает исходную величину условных рефлексов. Таким образом, хлористый кадмий и железо блокируют сульфгидрильные группы белка, активность которых восстанавливается цистеином.

Во второй серии опытов рассматривалась роль сульфгидрильных групп белка в процессах внутреннего торможения. Наблюдения показали, что хлористый кадмий и железо влияют на процессы внутреннего торможения. При этом неполные дифференцировки и условный тормоз после введения этих тяжелых металлов усиливаются и становятся полными, абсолютными. Развитие процессов внутреннего торможения связано с активностью сульфгидрильных групп белка. Введение цистеина снижает действие хлористого кадмия и железа, в результате чего ослабляется тормозной процесс и дифференцировка растормаживается.

Таким образом, на наш взгляд, развитие тормозного процесса в коре больших полушарий связано с наличием S—S-групп белка, в то время, как процесс возбуждения связан с функциональными свойствами SH—SH-групп белка. Такая точка зрения совпадает с исследованиями Х. С. Коштоянца и

его сотрудников, результаты которых показали, что SS-группы играют роль в угнетении сердечной деятельности при раздражении блуждающего нерва.

В третьей серии опытов мы поставили себе задачу выяснить биохимическую основу влияния кофеина, механизм действия которого на условнорефлекторную деятельность широко исследован школой И. П. Павлова (Завадский, П. М. Никифоровский, М. К. Петрова, М. А. Усиевич и другие).

Результаты наблюдений показали, что угнетающее действие хлористого кадмия на положительные условные рефлексы снимается кофеином. Следовательно, как цистеин, так и кофеин способствуют освобождению SH-групп, принимающих участие в проявлениях коркового возбуждения.

В последней серии опытов нами было установлено, что блокирующее влияние хлористого кадмия на SH-группы при рефлекторной регуляции желчевыведения в кишку проявляется в удлинении латентного периода, уменьшении количества поступающей желчи и изменении процентного содержания сухого остатка, органических и неорганических веществ, желчных кислот. Такое влияние кадмия снимается как цистеином, так и раздражением блуждающего нерва, выведенного в кожный лоскут на шее. Таким образом, опыты Х. С. Коштоянца и Сербенюк (1951) по нервной регуляции поджелудочной секреции и данные наших наблюдений показывают, что в рефлекторной регуляции деятельности органов, в частности пищеварительного тракта, имеется общая закономерность (открытая впервые Х. С. Коштоянцем), связанная с активностью сульфгидрильных групп белка. Влияние коры головного мозга на желчевыведение в кишку также блокировалось кадмием и восстанавливалось цистеином и раздражением *p. vagi*.

На основании наших исследований мы приходим к заключению, что вся рефлекторная деятельность организма, как безусловная, так и условная протекает с участием сульфгидрильных групп белка. Процессы коркового возбуждения связаны с освобождением SH-групп, а процессы торможения — с наличием SS-групп или с понижением активности SH-групп.

И. А. МЕДЯНИК

УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНЫЕ ВЛИЯНИЯ НА АНТИТОКСИЧЕСКУЮ И ЖЕЛЧЕОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ФУНКЦИИ ПЕЧЕНИ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Изучение развития нервной регуляции антитоксической и желчеобразовательной функции печени в онтогенезе, предпринятое нами в предыдущих работах (Медяник 1952, 1953, 1954.

1955), показало, что влияние центральной нервной системы на деятельность печени в онтогенезе передается вначале по парасимпатической, а с полуторамесячного возраста и по симпатической нервной системе.

Продолжая изучение закономерностей нервной регуляции функции печени в онтогенезе, мы провели дальнейшие исследования с целью рассмотреть влияние высших отделов центральной нервной системы — коры головного мозга — на способность печени обезвреживать ядовитые вещества и образовывать желчь.

Прежде всего мы воспитали у щенков (начиная с 10-дневного возраста) и взрослых собак ряд положительных и отрицательных условных рефлексов. При этом было установлено, что образование условных рефлексов на звуковой раздражитель можно получить у щенков 17—21-дневного возраста. Наши наблюдения в этом отношении совпадают с исследованиями В. А. Трошихина, А. А. Волохова, Г. А. Образцовой, Г. М. Никитиной, И. И. Чинка и других, специально изучавших особенности высшей нервной деятельности в процессе онтогенетического исследования. Данные этих авторов, как и предыдущие исследования И. С. Цитовича, Ф. П. Майорова, Розенталя, М. А. Усиевича, Л. М. Барышевой, А. П. Чесноковой и других, а также результаты наших наблюдений показывают, что на ранних этапах онтогенеза образование условнорефлекторных связей с различных анализаторов происходит в определенной последовательности. Образование дифференцировки, условного тормоза происходит значительно позже, через 30—60 дней после рождения.

Таким образом, ранние этапы онтогенеза характеризуются преобладанием процессов возбуждения и слабостью процесса торможения в коре головного мозга, склонностью этих процессов к иррадиации, слабая способность к концентрации.

Имея в виду эти особенности условнорефлекторной деятельности в раннем возрасте организма, а также учитывая данные К. М. Быкова, А. В. Риккль, В. Г. Прокопенко, Г. П. Иванова, И. Т. Курцина, М. А. Усиевича, М. Г. Шмулевича, В. А. Балакина, Ю. П. Фролова, А. И. Котляревского, Л. В. Хозак и других о наличии корковой регуляции желчеобразовательной и обезвреживающей функции печени у взрослых животных, мы провели опыты по изучению особенностей условнорефлекторной регуляции этих функций печени в онтогенезе. Результаты наблюдений показали, что влияние временных нервных связей на деятельность печени происходит у 1,5-месячных животных.

С этого возраста применение положительных условных раздражителей вызывает повышение обезвреживающей способности печени. Угасание условных рефлексов, дифференцировка и условный тормоз понижают антитоксическую функцию печени. Однако у щенков 2—4-месячного возраста, в отличие от

взрослых собак, степень понижения антитоксической функции печени при наличии процессов внутреннего торможения в коре головного мозга происходит значительно медленнее и меньше. Как видно из наших наблюдений, для воспитания дифференцировки и условного тормоза у щенков раннего возраста требуется значительно большее число неподкреплений условного раздражителя. Это свидетельствует о слабости тормозного процесса в раннем возрасте организма и, следовательно, о более слабом влиянии этого процесса на обезвреживающую способность печени.

Опыты с влиянием на желчеобразование условных рефлексов, воспитанных на гуморальный раздражитель (дехолин), показали, что процесс возбуждения в коре головного мозга ведет к усилению этой функции печени. Процесс торможения понижает эту функцию печени с 1,5-месячного возраста щенка. Как в случаях корковой регуляции антитоксической функции печени, так и в опытах с влиянием условных рефлексов на желчеотделение в раннем возрасте организма характер корковых влияний на эту функцию печени у щенков 1,5—4-месячного возраста имеет свои особенности, обусловленные слабым развитием тормозного процесса в коре головного мозга.

Эта специфичность условнорефлекторной регуляции желчеобразовательной функции печени у щенков 2—4-месячного возраста особенно отчетливо выступала при работе с оборонительными условными рефлексам на желчеотделение. Эта специфичность состоит в том, что на положительные условные оборонительные раздражители печень щенков 2—4-месячного возраста по сравнению со взрослым организмом отвечает образованием значительно большего количества желчи и выведением ее составных частей (сухого остатка, органических веществ и желчных кислот). В то же время у взрослых собак печень отвечает падением секреции желчи и выведения ее составных частей.

Применение дифференцировочного раздражителя в этих же условиях опыта у взрослых собак вызывает положительную реакцию со стороны печени, а у щенков 2—4 месяцев при этом падает секреция желчи и выведение ее составных частей (сухого остатка, органических веществ и желчных кислот).

По нашему мнению, специфичность функциональных проявлений печени при наличии условнорефлекторных влияний на деятельность ее в 2—4-месячном возрасте обусловлена не только слабым развитием тормозного процесса в коре головного мозга, но и сильной иррадиацией процессов возбуждения и торможения в организме этого возраста.

Процесс возбуждения у 2—4-месячных щенков, иррадируя по коре и подкорке, оказывает положительное влияние на желчеобразовательную функцию печени, тормозный процесс понижает эту функцию.

У щенков более старшего возраста (5—6 месяцев) и у взрослых собак нервные процессы концентрируются в коре головного мозга и по принципу взаимной индукции влияют на другие участки коры больших полушарий и подкорку, а отсюда — и на деятельность печени. Это особенно заметно проявлялось в опытах с двигательными условными рефлексам. Результаты наших наблюдений в этой области согласуются с данными исследований М. А. Усиевича, М. К. Быкова, А. М. Воробьева и других, наблюдавших понижение функции почки, желудка, поджелудочной железы при развитии процесса возбуждения в коре головного мозга и повышении их (функций) при наличии тормозного процесса у взрослых животных.

И. А. МЕДЯНИК, Я. В. ОЛЕЙНИК

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЖИВОТНЫХ

В работе сочетался метод условных рефлексов И. П. Павлова и электрофизиологический метод Н. Е. Введенского. Хронические опыты проводились на 3 собаках, которые имели выведенные протоки обеих околоушных желез, а также трепанированную (при этом, по методу Я. П. Склярова, снималась твердая мозговая оболочка) и неповрежденную черепную коробку. Всего проведено 273 опыта.

Результаты исследований показали, что при раздражении коры головного мозга постоянным непрерывным током наступают фазовые парабиотические изменения возбудимости. Катод и анод при силе тока 0,2—1,4 *ма*, раздражая центры коры головного мозга одной половины, вызывают повышения возбудимости в центрах обоих полушарий. При этом возбудимость в симметричных центрах противоположного полушария выше, чем на стороне раздражения.

При силе тока 1,8—10 *ма* возбудимость корковых центров еще выше на стороне раздражения, а в симметричном полушарии она понижается.

Длительное действие анода и катода при силе тока 7—10 *ма* вызывает понижение возбудимости в коре больших полушарий головного мозга (парабиоз).

Постоянный непрерывный и переменный ток не изменяют безусловнорефлекторного слюноотделения или изменяют его в пределах крайних границ исходного фона.

Включение постоянного тока (катод или анод) одновременно с действием положительных натуральных условнорефлекторных раздражений удлиняет латентный период условнорефлекторного слюноотделения, и наступает резкое падение величин условных рефлексов. Аналогичные изменения условнорефлекторной деятельности происходят при действии постоянного тока и положительных искусственных условных раздражителей.

Катод и анод постоянного тока ускоряют и усиливают угасание натуральных симметрических условных рефлексов (если это угасание было неполным, то оно становится полным) и дифференцировку, т. е. усиливается процесс внутреннего торможения.

Аналогичные изменения оказывает переменный электрический ток на положительные и отрицательные условные рефлексы.

Исследования Н. Е. Введенского, А. А. Ухтомского и Л. Л. Васильева на нерве и наши данные об изменении функции коры головного мозга при действии постоянного и переменного тока показывают, что эти изыскания носят парабиотический характер.

Наблюдения М. И. Виноградова, Л. Л. Васильева и других показали, что парабиоз нерва может быть снят анодом или катодом постоянного тока. Наше предположение о парабиотической природе изменений условнорефлекторной деятельности при действии переменного тока подтверждается опытами. Когда положительные условные рефлексы при пропускании переменного тока резко понижены, выключение переменного тока и включение постоянного непрерывного тока укорачивает латентный период условнорефлекторной реакции, а также резко повышает величину условнорефлекторного слюноотделения из обеих желез (при этом оно выше исходного фона).

Усиленное внутреннее торможение при угасании и дифференцировке во время пропускания переменного тока снимается (растормаживается) анодом и катодом постоянного непрерывного тока.

Таким образом, анод и катод постоянного тока снимают парабиоз корковых клеток, вызванный действием переменного тока.

На основании сделанных нами исследований мы приходим к выводу, что постоянный и переменный электрический ток изменяют возбудимость коры головного мозга по принципу парабиоза.

ХАРАКТЕР КОРКОВИХ РЕАКЦІЙ У СОБАК З РІЗНИМИ ТИПАМИ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ ПІСЛЯ ВВЕДЕННЯ ЕПІОГІСПАЗМІНУ

Дослідами І. А. Медяника і А. К. Старостюк (1954) було встановлено, що епіогіспазмін підсилює процес гальмування в корі великих півкуль головного мозку:

- а) сприяє збільшенню часу запізнення умовних рефлексів;
- б) зміцнює диференціювання;
- в) закріплює умовне гальмо;
- г) прискорює згасання умовних рефлексів.

Продовжуючи вивчення характеру коркових реакцій у тварин після введення епіогіспазміну, ми дослідили зміни умовно-рефлекторної діяльності після введення цього препарату в залежності від типу нервової системи.

Досліди проводились методом умовних харчових рефлексів. Спочатку у собак вироблявся фон умовнорефлекторної діяльності, і коли він ставав більш-менш постійним, в організм вводилася слаба доза епіогіспазміну (поза камерою), а потім в камері ми спостерігали за дією препарату на виховані умовні рефлекси.

Досліди проводились на трьох собаках.

Собака Циган — тип нервової системи, за класифікацією І. П. Павлова і за нашими попередніми спостереженнями, сильний, зрівноважений з сильними процесами збудження і відносно слабшими процесами гальмування.

Собака Красотка — тип нервової системи сильний, зрівноважений з сильними процесами гальмування і відносно більш слабкими процесами збудження.

Собака Шарик — тип нервової системи слабкий, з слабкими процесами гальмування і збудження.

Епіогіспазмін вводився в організм тварин через пряму кишку. Контрольні досліди показали, що ні процедура введення, ні сама вода, в якій розчинявся епіогіспазмін, не впливають на умовнорефлекторну діяльність собаки.

У собаки Циган відставлення умовної реакції від початку дії умовного подразника йшло дуже повільно. Умовне слиновиділення з'являлось на 0—11 сек.

Введення однієї таблетки епіогіспазміну (слабка доза) сприяло значному відставленню умовного слиновиділення на слабкі подразники (лампа 55 *ват*) і мало вплинуло, а то й зовсім не змінило латентного періоду умовного слиновиділення на сильні подразнення (дзвінок Б).

Таким чином, у собаки сильного зрівноваженого типу нервової системи з сильними процесами збудження 1 таблетка

епіогіспазміну лише частково підсилює процес внутрішнього гальмування.

Ця ж сама доза епіогіспазміну у собаки з сильними гальмівними процесами і слабшими збудливими (Красотка) приводила до сильного відставлення умовних рефлексів як на слабкі умовні подразники, так і на сильні, а також привела до зменшення величини умовного слиновиділення.

Отже, у собаки сильного типу нервової системи з сильними процесами гальмування епіогіспазмін, підсилюючи процеси внутрішнього гальмування, сприяє його іррадіації, що й приводить до зменшення величини умовнорефлекторної реакції.

Змін в поведінці тварин з сильним типом нервової системи (Циган, Красотка) при введенні 1 таблетки епіогіспазміну перектально не помічено.

У собаки Шарик (слабий тип) ефект дії епіогіспазміну проявився найрізкіше. Латентний період умовного слиновиділення становив після введення препарату 65—115 сек. замість 0—8 сек. в початковому фоні. Собака в станку похитувався, дрімав.

Таким чином, епіогіспазмін, введений в організм тварини слабого типу, різко підсилює процеси внутрішнього гальмування.

Я. В. ОЛІЙНИК

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗМІН КОРКОВОЇ ЗБУДЛИВОСТІ В ЧАС ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЇЇ ВІД РІЗНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРОДІВ

Зміни функціонального стану великих півкуль головного мозку при подразненні електричним струмом в певній мірі залежать від розміщення електродів (Р. С. Календаров, В. А. Глазов, І. М. Лівенцов і інші). В даній роботі вивчались зміни функціонального стану кори великих півкуль головного мозку в час подразнення її постійним безперервним електричним струмом силою 0,2—10 *ма* при різному розміщенні електродів. Хронічні досліді проводились на 3 собаках, у двох з яких була трепанована черепна коробка і знята тверда мозгова оболонка.

В першій серії дослідів вивчався вплив катода на центри кори головного мозку в час поляризації (катод — на голові зліва або справа, анод — на спині справа або зліва). У другій серії досліджувався вплив анода на кору головного мозку при аналогічному розміщенні електродів. Третьою серією дослідів було встановлено зміни функціонального стану кори великих

півкуль головного мозку при бітемпоральному розміщенні електродів.

Активний катод при краніо-каудальному розміщенні електродів (сила струму $0,2\text{—}1,4\text{ ма}$), подразнюючи кору однієї півкулі головного мозку, викликає підвищення збудливості коркових центрів обох півкуль головного мозку. Збудливість в симетричних центрах протилежної півкулі вища, ніж на стороні подразнення.

При збільшенні сили струму збудливість під катодом зростає ще більше. Але коли сила струму доходить до $7\text{—}10\text{ ма}$, підвищена збудливість кори обох півкуль головного мозку починає різко падати.

Аналогічні результати ми одержали і в другій серії дослідів, при подразненні коркових центрів анодом постійного струму. Слід відмітити, що пониження збудливості в корі головного мозку при силі струму $7\text{—}10\text{ ма}$ наступало багато пізніше під впливом анода, ніж при дії катода.

При бітемпоральному розміщенні електродів в час поляризації кори великих півкуль головного мозку наступають електротонічні зміни збудливості.

При силі струму $0,6\text{—}5\text{ ма}$ при такому розміщенні електродів під катодом збудливість коркових центрів підвищується, а під анодом (в протилежній півкулі головного мозку) знижується (електротон).

Підвищення сили струму приводить до слідуючих змін збудливості кори головного мозку: спочатку катод і анод викликають однотипну зміну збудливості (підвищення її), далі при силі струму 10 ма на катоді збудливість знижується, а на аноді зростає.

Очевидно, при силі струму 10 ма на катоді відразу починає розвиватися катодична депресія, а тому збудливість коркових центрів, розміщених під катодом, падає.

При довготривалій дії струму силою 10 ма під анодом також наступало пониження збудливості коркових центрів. Це явище, мабуть, можна пояснити розвитком вторинної анодичної депресії.

Описані нами в даній статті електротонічні зміни, що виникають в корі головного мозку в час дії постійного електричного струму при бітемпоральному розміщенні електродів, співпадають з явищами, які спостерігав Н. Я. Перна при поляризації нерва.

Таким чином, характер розміщення електродів при подразненні кори головного мозку постійним електричним струмом по-різному змінює збудливість її.

ВЛИЯНИЕ ГНЕЗДОВОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТОБАКТЕРА НА АЗОТНЫЙ БАЛАНС ПОЧВ

Азотобактер из свободноживущих почвенных микроорганизмов является одним из самых энергичных азотификсаторов. Однако до сих пор не установлено, какое количество азота в почве фиксируется этим организмом. Объясняется это тем, что в естественных почвах (черноземных и луговодерновых) обычно количество азотобактера не превышает 1000—2000 клеток в одном грамме. При таком количестве азотобактера определить связываемый этим организмом азот в почве существующими методами не представляется возможным. Необходимо найти пути, которые, не изменяя естественного состояния почвы, позволили бы создать условия для энергичного размножения азотобактера. М. В. Федоров и В. Ф. Непомилуев экспериментально показали, что внесение в почву большого количества азотобактера под посев бобовых и дополнительно при подъеме травяного пласта приводит к бурному развитию этого организма, и азотный баланс в почве оказывается положительным.

В наших опытах внесение большого количества азотобактера в гнезда под растения приводило к распространению этого организма во всей почве, причем повышенный титр азотобактера сохранялся в течение ряда лет.

Чтобы проследить за распространением азотобактера в почве и изучить влияние такого метода внесения этого организма на азотный баланс, мы поставили опыт в вегетационных сосудах. Для опыта были взяты две почвы: 1) луговой чернозем $срН = 7,2$, предшественник пар; 2) слабоподзолистая почва $срН = 6,6$, предшественник клевер 3-летнего пользования. В 1949 г. в половине сосудов было посеяно просо, осенью после уборки проса — озимая пшеница и весной 1951 г. — опять просо.

В другие сосуды весной 1949 г. посеяли клевер с тимофеевкой. Клевер перед посевом инокулировался *Rhizobium trifolii*. Травы были убраны в 1949 и 1950 гг., после чего почву в сосудах перевернули, и весной 1951 г. посеяли просо.

В 1949 г. в части сосудов при посеве проса и трав семена инокулировались обычно принятыми нормами азотобактера (1 бутылка агарового азотобактерина на гектарную порцию семян, что приблизительно соответствовало 1000 клеток на одно семя), а в остальных сосудах под семена в гнезда вносилось по 2×10^6 клеток азотобактера. В каждом сосуде находилось 5 гнезд.

Варианты закладывались с 10-кратной повторностью. Еже-

годно в каждый сосуд вносилось по 0,4 г K_2HPO_4 . Каждый год в октябре месяце изымалось по 2 сосуда, в которых определялся титр азотобактера. В первый же год, оказалось, что как урожай, так и количество клеток азотобактера в варианте с обычной инокуляцией ничем не отличались от контроля. В дальнейшем выяснилось, что и азотный баланс в этом варианте был одинаков с контролем, поэтому данные этого варианта в дальнейшем не приводятся. Результаты опытов приведены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1

Влияние гнездового внесения азотобактера на его количество в почве
(в тыс. на 1 г почвы)

№ вариантов	Варианты ¹ опытов	Луговой чернозем			Слабоподзолистая почва		
		1949 IX	1950 IX	1951 IX	1949 IX	1950 IX	1951 IX
1	Культивировалось в 1949 г. просо, в 1950 г. — оз. пшеница, в 1951 г. — просо	2,8	2,17	2,87	0,3	0,2	0,1
2	То же, в 1949 г. внесен азотобактер	19,2	13,8	12,8	59,5	11,4	5,2
3	Культивировались в 1949-50 гг. клевер и тимopheевка, в 1951 г. — просо	2,1	2,8	2,04	0,2	0,1	0,09
4	То же, в 1949 г. внесен азотобактер	94,5	50,38	32,59	65,0	10,4	6,1

Как видно из приведенных данных, внесенный гнездовым способом азотобактер не только энергично размножился в луговом черноземе и слабоподзолистой почве, но, что самое главное, в течение 3 лет сохранился в большом количестве, тогда как спонтанный азотобактер, находясь в тех же условиях, почти не изменял своего титра.

¹ В последующих таблицах приводятся только номера вариантов без указания вариантов опыта.

Таблиця 2

Влияние гнездового внесения азотобактера на азотный баланс почвы на луговом черноземе

№ вариантов	Содержание азота в г на сосуд				
	В почве после 3-летнего культивирования растений	Вынос с урожаями	Азот, оставшийся в почве, + азот урожая	Разница за три года	Прибыль азота за счет фиксации азотобактером
1	3,773	0,579	4,352	-0,892	—
2	4,060	0,632	4,692	-0,552	+0,34
3	4,095	1,250	5,351	+0,107	—
4	4,396	1,440	5,836	+0,592	+0,485

Таблиця 3

Влияние гнездового внесения азотобактера на азотный баланс слабоподзолистой почвы

№ вариантов	Содержание азота в г на сосуд				
	В почве после 3-летнего культивирования растений	Вынос с урожаями	Азот, оставшийся в почве, + азот урожая	Разница за три года	Прибыль азота за счет фиксации азотобактером
1	2,213	0,492	2,705	-0,564	—
2	2,868	0,559	3,427	+0,158	+0,722
3	2,920	1,607	4,527	+1,258	—
4	3,108	1,626	4,734	+1,465	+0,207

Гнездовое внесение азотобактера сказалось не только на увеличении выноса азота (а, следовательно, и на увеличении урожая), но и привело к положительному азотному балансу в почве.

І. В. БЕРЕЖНОЙ

СТАЦІОНАРНЕ ВИВЧЕННЯ ЧОРНИЧНИКІВ СУБАЛЬПІЙСЬКОГО ПОЯСА РАДЯНСЬКИХ КАРПАТ

Широким розповсюдженням на полонинах Карпат відзначаються чагарникові рослинні формації з чорниці, лохини, брусниці, рідше — рододендрона східнокарпатського. Формація чорничників займає до 30—35% усієї площі полонини.

Кормова цінність чорниці серед інших лучних рослин найнижча. В зв'язку з цим постає питання про корінне покращення чорничників з метою поліпшення їх кормової цінності.

На протязі вегетаційних періодів 1953 і 1954 рр. проводилося вивчення біології, екології та структури чорничників. Чорничники вивчалися на Боржавських полонинах (1953 р.) та хребтах Чорногора і Свидовець (1954 р.) як стаціонарним методом на спеціально закладених постійних площинках, так і детально-маршрутним методом.

Чорничники як рослинні угруповання, де чорниця виступає як едифікатор, широко розповсюджені в Карпатах вище верхньої межі лісу на висоті 1300—1700 м над рівнем моря.

Коло верхньої межі лісу (1250—1300 м над рівнем моря) через інтенсивне проникнення лісових видів та витоптування, зв'язане з інтенсивним випасом, чорничники частіше зустрічаються не в чистому вигляді, а як домішка до інших асоціацій (чорничниковий біловусник, арніково-чорничниковий біловусник і інші) або ж як дводомінантні асоціації (червонокострицевий, щучниковий, біловусовий та інші чорничники).

Найкращим розвитком, найміцнішим стеблостоем, висота якого місцями сягає 70—100 см, найбільшим покриттям основного компоненту — чорниці (до 90—100 %), найвищим запасом зеленої маси та найінтенсивнішим насінневим поновленням чорничники відзначаються на висоті 1300—1600 м над рівнем моря на схилах північної та північно-західної експозиції.

На висоті 1300—1700 м над рівнем моря поруч із чистими чорничниками широко розповсюджені зеленівільховий та ялівцевий чорничники, а також трав'янисті асоціації — щучниковий, жовтозіллявий, місцями — червонокострицевий, а на місцях інтенсивного випасу — і біловусовий чорничники.

З підняттям вгору зростає приземкуватість чорничників. На рівні 1700 м висота чорниці зменшується до 10—15 см.

Одночасно з цим збільшується кількість інгредієнтів у складі рослинного вкриття. Так, якщо на висоті 1300 м стеблостій в основному складений 15—25 видами, то на висоті 1600—1700 м — 40—50 видами, а на висоті 1700—1800 м число видів ще більше.

Для висот 1650—1750 м над рівнем моря властиві такі асоціації, як чорничники чистий, лохиновий, брусничний з вівсом різнобарвним та осокою вічнозеленою.

На висоті 1750—1850 м найбільш розповсюджені рододендровий, жереповий, ситниковий, ялівцевий і злаковий (з пануванням серед злаків сеслерії голубуватої та вівсяниць приземкуватої та красивої) чорничники. На цих висотах стеблостій чорничників не перевищує 10—12 см. Як і на попередніх висотах, поруч із чорничниками широке розповсюдження мають лохинники, що з висотою все більше замінюють чорничники.

В межах альпійського поясу, на висоті 1900—2000 м над

рівнем моря чорниця рідко утворює скільки-небудь значні за розмірами чисті плями, а по більшості в тій чи іншій мірі вкраплена в асоціації рододендрона, ситника, осоки зігнутої та вічнозеленої та інші.

Поодинокими картинками чорниця входить і до складу рослинності кам'янистих осипів.

Флористичний склад чорничників: з 50 найбільш поширених видів на злаки припадає 10—15%, на осоки — 5%, на вересові — 2% і на різнотрав'я — 78—83%.

Серед злаків найбільшою кормовою цінністю відзначаються: костриця червона, костриця приземкувата, костриця мальована, сеслерія Більця і голубувата, пахучий колосок, тимофіївка альпійська, вівсюнець різнобарвний, тонконіг Ше, польовиця звичайна та інші. Значно меншу кормову цінність мають, проте, найбільш розповсюджені, щучник дернистий та біловус.

Осоки та ситникові представлені осоками заячою, кульконосною, вічнозеленою, ожиками, гайовою та багатоквітковою, ситником трироздільним та ін.

Серед вересових відзначимо листопадні чорницю та лохину та вічнозелену брусницю.

Серед різнотрав'я найбільш поширені підбілик альпійський, жовтозілля дібровне, сольданела гірська, перстач золотистий, тирлич піренейський і багато інших.

Інше співвідношення спостерігається між основними господарськими групами за вагою. Незважаючи на велику вагу надземної маси чорничників, що в сухому стані коливається від 8—8,5 т/га на межі лісу і до 3,6—4,0 т/га на висоті 1600—1700 м, на найбільш цінні в господарському відношенні рослини — злаки, осоки і різнотрав'я — припадає відповідно від 1,0— до 0,3 т/га, тобто не більше 8—12%. Винятком є лише асоціація приземкувато-кострицевого чорничника, де на осоки і злаки, як найбільш цінні кормові трави, припадає до 47% від всієї сухої маси. Що ж до різнотрав'я, як такого, то само по собі воно складає не більше 0,5—1% від усього стеблостою чорничників. Таким чином, на вересові, що практично не поїдаються худобою, припадає до 80—90% ваги всієї маси.

Зауважимо, що при урахуванні кормової якості чорничників для трав'янистих рослин подані дані про зелену масу одного року; що ж до вересових, то маса їх подана загальна, тому для врахування величини середнього приросту їх за рік, як рослин з багаторічною надземною частиною, необхідно надземну масу ділити на вік стеблостою.

Щодо динаміки зеленої маси стеблостою чорничників, то максимум її припадає на період масового цвітіння злаків, а саме — на кінець червня для верхньої межі лісу і середину липня на висоті 1600—1700 м.

ВИВЧЕННЯ ВМІСТУ ЗОЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ТРАВАХ ГІРСЬКИХ ПАСОВИЩ СХІДНИХ КАРПАТ

Щоб правильно складати для сільськогосподарських тварин кормові раціони, треба знати зольний склад природних кормів. Зольні елементи сприяють кращому перетравленню їжі в травному тракті тварини, підтримують на певному рівні кров'яний тиск, йдуть на побудову кістяка. Фосфор і кальцій додатньо впливають на якість продуктів тваринництва. Кремній, навпаки, знижує перетравність природних кормів.

Мінеральний склад рослин на гірських пасовищах у Східних Карпатах вивчений недостатньо. Мета нашої роботи — до деякої міри заповнити цю прогалину.

Досліди проводились у високогірних Східних Карпатах на полонинах Рахівського району, Закарпатської області, влітку 1954 р. Для аналізу брались рослини у фазі цвітіння. Хімічні аналізи рослин проводились в лабораторії ботанічного саду ЛДУ. В рослинах визначалась сира зола, калій, фосфор, кальцій і кремнезем, а в деяких — залізо. Аналізи показали, що рослини гірських пасовищ у Східних Карпатах бідні на мінеральні речовини. Результати деяких аналізів наводяться в таблиці.

Найбідніші на золу злаки, осоки і ситники високогірних угруповань *Cariceta curvulae*, *Cariceta sempervirenti* і *Festuceta supinae*.

У осоки зігнутої *Carex curvula* золи — 4,61 %, у злака *Helictotrichon versicolor* — 3,61 %. В угрупованнях *Nardeta*, *Vaccinieta Myrtillae* та *Festuceta rubrae* у злаків процент золи також невисокий. Деяко більший вміст золи у представників різнотрав'я.

У рослин рудерального угруповання, зібраних на місцях недавніх стоянок худоби, золи нагромаджується багато, а в золі багато калію. У золі злаків всіх інших групувань знайдено 1,5—2,0 % K_2O .

Різні види рослин Полонинських Карпат найбільш відрізняються між собою за вмістом кальцію. У злаків і осок 0,056—0,250 % CaO . У представників різнотрав'я, які погано поїдаються тваринами, кальцію більше, ніж у рослин, які поїдаються добре. Особливо високий вміст кальцію у *Campanula abietina* (0,603 % CaO), *Scorzonera rosea* (0,547 % CaO), *Apose-ris foetida* (1,528 % CaO), а також у бобових *Trifolium pratense* (1,509 % CaO) і *Trifolium repens* (1,514 % CaO), які ростуть в угрупованнях костриці червоної. В рудеральному угрупованні багато кальцію нагромаджує кропива (*Urtica dioica*) (1,261 % CaO).

Вміст зольних елементів у гірських трав
в процентах на суху вагу

№	Назва рослини	Золи	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	CaO
Угрупування осоки зігнутої — <i>Cariceta curvulae</i> (Говерла, 2050 м над рівнем моря)						
1	<i>Carex curvula</i>	4,61	0,276	1,070	1,56	0,098
2	<i>Carex sempervirens</i>	4,21	0,273	1,369	0,69	0,084
3	<i>Juncus trifidus</i>	4,27	0,315	1,233	0,30	0,056
4	<i>Poa alpina</i>	4,13	0,249	1,027	0,80	0,070
5	<i>Helictotrichon versicolor</i>	3,61	0,267	0,907	0,28	0,084
Угрупування біловуса — <i>Nardeta</i> (Схили Шешула і Петроса, 1300 — 1600 м над рівнем моря)						
6	<i>Agrostis vulgaris</i> 1600 м н.р.м.	4,09	0,270	1,271	1,94	0,062
7	<i>Nardus stricta</i> 1300 м „	5,08	0,364	1,913	1,92	0,154
8	<i>Festuca picta</i> 1400 м „	4,30	0,309	1,695	1,07	0,112
9	<i>Festuca rubra</i> 1300 „	4,75	0,339	1,806	1,43	0,056
10	<i>Potentilla aurea</i> 1300 „	7,80	0,368	2,307	0,72	0,266
11	<i>Arabis Halleri</i> 1600 „	7,55	0,260	2,311	0,77	0,603
12	<i>Anemone nemorosa</i> 1300 „	8,27	0,292	2,217	0,38	2,355
Угрупування костриці червоної — <i>Festuceta rubrae</i> (Менчул, 1300 м над рівнем моря)						
13	<i>Trifolium pratense</i>	7,16	0,300	1,942	0,28	1,509
14	<i>Trifolium repens</i>	7,70	0,240	2,319	0,23	1,514
15	<i>Agrostis vulgaris</i>	5,03	0,384	1,241	1,50	0,053
16	<i>Nardus stricta</i>	6,20	0,365	2,063	1,60	0,140
17	<i>Festuca rubra</i>	6,14	0,333	2,112	0,92	0,154
18	<i>Cynosurus cristatus</i>	—	0,258	1,428	0,67	0,084
19	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	5,28	0,294	1,797	0,70	0,140
20	<i>Luzula multiflora</i>	5,38	0,297	1,801	—	0,126
21	<i>Ranunculus acer</i>	5,85	0,240	1,314	0,90	0,617
22	<i>Scorzonera rosea</i>	9,30	0,225	2,640	2,80	0,547
23	<i>Meum mutellina</i>	10,38	0,267	2,719	3,55	1,009
Рудеральні угрупування на місцях стоянок худоби						
24	<i>Rumex alpinus</i> (тільки листя)	8,92	0,390	6,368	0,54	0,238
25	<i>Matricaria suaveolens</i>	11,87	0,240	4,352	1,90	0,126
26	<i>Urtica dioica</i>	15,87	0,243	3,766	1,62	1,261
27	<i>Poa annua</i>	5,78	0,234	2,140	0,68	0,140
28	<i>Poa alpina</i>	8,30	0,336	1,904	0,60	0,189
9	<i>Alopecurus pratensis</i>	7,82	0,365	2,234	0,32	0,210

За вмістом фосфору рослини відрізняються між собою менше, ніж за вмістом кальцію. Вміст фосфору у всіх рослин малий і коливається в межах 0,240—0,390 % P_2O_5 .

Біловус нагромаджує більше фосфору, ніж вівсяниця червона, навіть при надзвичайно малій кількості фосфору у ґрунті.

Злаки, які ростуть на місцях недавніх стоянок худоби, відзначаються меншим вмістом кремнезему, ніж злаки інших угруповань. Бідність рослин гірських пасовищ на зольні елементи можна пояснити бідністю ґрунту. Ґрунти тут — буроземи, утворені на пісковиках, бідні на кальцій і фосфор, мають кислу реакцію.

Зіставлення даних аналізів рослин на фосфор і кальцій з даними для рівнинних районів Української РСР показують, що високогірні рослини Карпат нагромаджують кальцію і фосфору набагато менше, ніж рослини рівнин.

Вміст фосфору і особливо кальцію у високогірних рослин, що поїдаються тваринами, менший, ніж вимагається згідно з нормами, хоча захворювань, зв'язаних з нестачею цих елементів, серед тварин не спостерігається.

Малий вміст кальцію в пасовищних рослин є причиною поганого перетворення азотистих речовин молока в сир.

На основі наших спостережень можна зробити висновок про бідність кормових пасовищних рослин високогірних Східних Карпат на мінеральні речовини, зокрема на кальцій і фосфор, і що вміст кальцію в сіні треба збільшувати за рахунок введення в травостої бобових компонентів і вапнування, а вміст фосфору — шляхом внесення фосфорних добрив.

В. Е. ШМАЕВСКИЙ

СУТОЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ Са/Св ПШЕНИЦЫ

В зеленых листьях всех высших растений одновременно присутствуют два хлорофилла: так называемые хлорофилл «а» и хлорофилл «в». Они отличаются по составу и свойствам. Из литературных данных известно, что суммарное содержание хлорофилла изменяется в течение суток даже при постоянном световом режиме. Отношение же концентрации хлорофилла «а» к концентрации хлорофилла «в» (Са/Св) считается неизменным после нескольких часов освещения.

В данной работе измерялось Са/Св пшеницы, выращенной в полной темноте и затем выставленной на непрерывное и постоянное по интенсивности освещение. Измерение производилось на универсальном монохроматоре УМ-2 по спектрам поглощения растворов, экстрагированных из высушенных 10—

14-дневных ростков пшеницы. Данные измерений показывают, что при непрерывном освещении Са/Св меняется в течение суток примерно по синусоиде с максимумом значения в 2—6 часов и минимумом — в 14—18 часов.

При постоянном по интенсивности освещении Са/Св изменяется в течение суток. На основании этого факта можно предположить, что в данном случае наблюдается суточная периодичность биохимических процессов, а не простое фотохимическое явление.

В заключение выражаю благодарность проф. С. О. Гребинскому за ценные советы и организацию обсуждения данной работы.

Е. И. ШИШОВА

ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЙМЫ ВЕРХНЕГО БУГА

Геоботаническое исследование поемных лугов верхней части долины Западного Буга проводилось на территории Каменка-Бугского и, частично, Радеховского районов, Львовской области.

Для этих районов характерна заболоченность, которая обусловлена равнинностью рельефа и геологическим строением, а именно наличием на небольшой глубине водонепроницаемых пород (сенонского мергеля).

Благодаря этому здесь распространены болотные и луговые глеевые почвы, покрывающие долины рек и пониженные местности. Свыше половины площади заняты лесами (главным образом сосновыми и смешанными) и лугами. Среди лугов наибольшее значение имеют поемные (заливные), распространенные в долинах Западного Буга, Стири и их притоков.

Поемные луга долины Верхнего Буга представлены в основном формациями злаковых лугов: влажных канареечниковых, более сухих мятликовых, костровых, высокорайграсовых, овсянице-вых. Среди перечисленных формаций наиболее часто встречаются следующие ассоциации:

1. Осоково-канареечниковая (*Digraphis arundinacea* (L) Trin. — *Carex gracilis* Curt. — *Caltha palustris* L. s. str.).
2. Мятликово-канареечниковая (*Digraphis arundinacea* (L) Trin. + *Poa palustris* L.).
3. Лисохвостно-мятликовая (*Poa pratensis* L. + *Alopecurus pratensis* L.).
4. Конско-щавелевомятликовая (*Rumex confertus* Wild. — *Poa pratensis* L.).

5. Мятликово-разнотравная (*Poa pratensis* L. — *Kanunculus polyanthemus* L.).

6. Засоренная кострово-мятликовая (*Bromus Benekeni* Trin. + *Poa pratensis* L.).

7. Щучко-мятликоразнотравная (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. B. + *Poa trivialis* L.).

8. Ассоциация райграса высокого (*Arrhenatherum elatius* (L.) L. et K. Presl).

9. Разнотравно-костровая ассоциация (*Bromus Benekeni* Trin. — *Galium mollugo* L.).

10. Лугово-овсяницевая ассоциация (*Festuca pratensis* Huds.).

Осоково-канареечниковая ассоциация широко распространена в Бугской пойме. Она занимает пониженную широкую центральную пойму с тяжелыми суглинистыми влажными, слегка кислыми почвами ($pH = 6,5-7,0$). Используется в качестве сенокосных лугов, отличающихся высокой урожайностью, равной 35,2 ц/га сена в среднем¹. Качество кормовой массы удовлетворительное. Показано поверхностное улучшение — улучшение дренажа, отвод застойной воды.

Мятликово-канареечниковая ассоциация занимает ровные плоские места центральной поймы или всю пойму, если она не расчленена. Увлажнение весной избыточное, но все же почвы не такие влажные, как в предыдущей. Это — высокоурожайные сенокосные луга с лучшим качеством кормовой массы, чем предыдущие. Средняя урожайность сена — 45,9 ц/га. Показано поверхностное улучшение: улучшение дренажа и уничтожение крупных сорняков (конского щавеля).

Лисохвостно-мятликовая ассоциация занимает слегка возвышенную прирусловую часть поймы, средне увлажненную, хорошо дренированную. Это хорошие сенокосные луга на более сухих местообитаниях. Средняя урожайность сена — 31 ц/га. Урожайность достаточная, качество сена хорошее. Местами много конского щавеля, который необходимо уничтожить путем подрезки корней и выкорчевки. Травостой подобных участков, сильно засоренных конским щавелем, образует конско-щавелевомятликовую ассоциацию. Ее урожайность меньше — 25,4 ц/га и качество кормовой массы хуже.

Мятликово-разнотравная ассоциация занимает ровные или слегка возвышенные притеррасные части поймы. Используется для сенокосения, а затем под выпас, местами — целиком как пастбище. Это удовлетворительные сенокосы и здоровые сухие пастбища, хотя и невысокой урожайности — 13 ц/га сена. Нуждаются в поверхностном улучшении (выравнивание и расчистка поверхности, разравнивание кочек, подсев злаковых и бобовых трав).

¹ Все укосы брались в половине июня

На пониженных местах притеррасовой поймы распространена щучно-мятликоворазнотравная ассоциация, занимающая влажные, слегка кислые почвы. В травостое много щучки и плохо поедаемого разнотравья. Это посредственные сенокосные луга и по урожайности сена (18,3 ц/га), и по качеству его. Нуждаются в улучшении дренажа.

Наиболее ценными в хозяйственном отношении являются ассоциации луго-овсяницевая, разнотравно-костровая и райграссовая, имеющие почти чистый злаковый травостой, состоящий из ценных кормовых злаков — райграсса высокого, костра, овсяницы луговой. Это прекрасные сенокосные луга высокой кормовой ценности. Луга с травостоем из райграсса высокого наиболее часто встречаются на возвышенных частях поймы, средняя урожайность составляет 20,8 ц/га сухой массы превосходного качества. Луго-овсяницевая ассоциация занимает меньше площади и встречается на разных местах центральной и притеррасовой поймы. Урожайность этих лугов ниже, чем предыдущих благодаря редкости травостоя, составляя 15,2 ц/га высококачественного сена. Луго-овсяницевые и райграссовые луга занимают наиболее сухие местоположения и имеют самый чистый травостой. Разнотравно-костровую ассоциацию находим на ровных местах прирусловой и центральной поймы. Она отличается высокой урожайностью, составляющей в среднем до 35,4 ц/га сена превосходного качества. Эти три последних ассоциации необходимо использовать в качестве семенных участков ценных кормовых злаков. Кроме того, в ассоциациях луго-овсяницевой и райграссовой, имеющих редкий травостой, необходимо произвести подсев злаковых и бобовых трав, для чего можно использовать смесь семян, собранных с растений этих же лугов.

Значительные площади лугов, особенно прирусловой части поймы, если она мало возвышена, сильно засорены пастушьей сумкой, скердой, незабудкой жестковолосистой, конским щавелем. Вследствие этого из ценных злаковых, костровых и мятликовых лугов образуется рудерально-костровомятликовая ассоциация. Обилие сорняков сильно снижает урожайность и кормовую ценность этих лугов (средняя урожайность понижается до 21,6 ц/га). Необходимо принять радикальные меры для очистки всех лугов от сорняков (подрезка корней, выкорчевка растений, отведение участков временно под выпас).

Таким образом все ассоциации поемных лугов верхней части Бугской долины, нуждаются в поверхностном улучшении, рациональном использовании. Это повысит продуктивность кормовых угодий.

ПУТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАСОВ ЩУКИ В ОЗЕРЕ ТУР, ВОЛЫНСКОЙ ОБЛАСТИ

Одной из задач ихтиологических исследований экспедиции биофака по изучению Заболотьевских озер западноукраинского Полесья в 1953—1954 гг. было изучение биологии и промыслового значения щуки озера Тур, площадью 1296 га. Материал, положенный в основу данной работы, собран в течение трех сезонов: летом и осенью 1953 г. (31. V—31. VII; 25. X—5. XI) и весной 1954 г. (30. III—30. IV). Ихтиологические данные по определению удельного веса щуки в промысле на озере Тур, по возрастному составу ее в уловах и питанию обработаны на кафедре зоологии позвоночных.

Для изучения промыслового значения щуки озера Тур за время полевых работ было подвергнуто анализу 3785 экземпляров щук, общим весом 1565 кг из 98 неводных и вентерных уловов. Возраст щуки определялся по чешуе, взятой у 495 экземпляров.

Анализ материала сорта «щука крупная» выявил, что щука, входящая в состав этого сорта, имеет среднюю навеску 893 г и представлена возрастными группами 3 и 4 лет.

Анализ средних проб уловов щуки на озере Тур показал, что в промысле преобладают особи 2—3-летнего возраста, относящиеся к сорту «щука средняя». Средний вес щук этого сорта оказался равным 434 г.

Щука мелкого сорта в промысле представлена почти исключительно возрастным составом не старше одного-двух лет и имеет средний вес 156 г.

В общем вылове рыбы на озере Тур щука занимает одно из ведущих мест, однако вылов ее, согласно данным Львовского межобластного объединения «Рыбтрест», начиная с 1951 г. постепенно падает: в 1951 г. щука составляла 37,4%, в 1952 — 35,5%, в 1953 — 34%, в 1954 — 23,7% от общего улова рыбы, уступая место малоценным видам рыб таким, как плотва и ерш.

Озеро Тур обладает чрезвычайно благоприятными условиями для размножения и нагула в нем многочисленного рыбного населения, постоянно пополняемого рыбными запасами из Днепро-Бугского канала. Наличие в озере громадных запасов сорной и малоценной рыбы создает исключительно хорошие условия для увеличения численности щуки.

При проведении ихтиологических работ мы исходили из предположения, что большие возможности повышения рыбопродуктивности озера Тур таятся в существующих связях щуки с малоценными рыбами.

Состав пищи щуки озера Тур

Компоненты пищи	Частота встречаемости (в %)
Рыбы	
<i>Rutilus rutilus</i> (L) ad	26,7
<i>Rutilus rutilus</i> (L) jv	23,3
<i>Blicca bjoerkna</i> (L)	8,1
<i>Abramis brama</i> (L)	0,7
<i>Carassius carassius</i> (L)	0,7
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L)	0,4
Сеголетки карповых рыб	2,6
<i>Misgurnus fossilis</i> (L)	0,4
<i>Esox lucius</i> L	5,2
<i>Lota lota</i> (L)	0,4
<i>Perca fluviatilis</i> L ad	7,4
<i>Perca fluviatilis</i> L jv	3,7
<i>Acerina cernua</i> (L)	6,3
Остатки рыб, не поддающихся определению	7,8
Земноводные	
<i>Rana ridibunda</i> Pall	0,7
Млекопитающие	
<i>Neomys fodiens</i> Schreber	0,4
Шерсть мелких животных	0,4
Насекомые	
<i>Agrion</i> sp. (larvae)	4,4
Ракообразные	
<i>Gammarus pulex</i> Col	0,4

Правильность высказанного положения подтвердил установленный нами спектр питания щуки. В различные сроки мы проанализировали содержимое 256 желудков щуки. Большинство из них (63%) было наполнено пищей. Результаты анализа содержимого желудков щуки хорошо иллюстрирует приведенная таблица.

Как видно из таблицы, главной пищей щуки всех исследованных возрастов является рыба (93,7%), остальные виды животных являются лишь дополнением к основной пище (6,3%).

В пище щуки преобладает плотва (50% всех желудков, содержащих пищу). В некоторых желудках щук количество плотвы достигало 23 экземпляров.

Значительный процент в питании щуки занимают: окунь (10,1%), густера (8,1%), ерш (6,3%), составляющие в совокупности 24,5% всех исследованных желудков, содержащих пищу.

Основу питания щуки независимо от сезона года составляют малоценные виды рыб (плотва, окунь, густера, ерш), обнаруженные в 74,5% вскрытых желудков.

К мероприятиям, которые мы рассматриваем как первый этап повышения рыбопродуктивности и рационального использования имеющихся запасов щуки в озере Тур, относятся следующие:

- 1) сооружение на Турском канале шлюза-регулятора с целью улучшения состояния озера как жизненной среды рыб и обеспечения благоприятных условий нереста щуки (предохранение нерестовых участков от обсыхания);

- 2) запрещение вылова щуки в нерестовый период, что практикуется на озере Тур в последнее время;

- 3) сокращение вылова неполовозрелой щуки, входящей в сорт рыбы «щука мелкая», учитывая, что половозрелости щука достигает в возрасте 2—3 лет

Проведение указанных мероприятий обеспечит повышение удельного веса щуки в промысле на озере Тур и доведет улов щуки до 45—50% от общего количества вылавливаемых промыслом рыб, что значительно повысит выход рыбной продукции с 1 га водной площади.

МАТЕМАТИКА, МЕХАНІКА, ФІЗИКА

А. С. КОВАНЬКО

ЗАМЕТКА ОБ ОДНОМ СВОЙСТВЕ B_p — РАВНОМЕРНО СУММИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ

Рассмотрим функциональное пространство со следующей метрикой

$$D_{B_p}^E(f, \varphi) = \overline{\lim}_{T \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1}{2T} \int_{E(-T, +T)} |f(x) - \varphi(x)|^p dx \right\}^{\frac{1}{p}} \quad (p \geq 1).$$

$$D_{B_p}^E(f, \varphi) = D_{B_p}(f, \varphi), \text{ если } E = (-\infty, +\infty).$$

Введем следующую величину „плотности“ множества

$$\bar{\delta}E = \overline{\lim}_{T \rightarrow \infty} \frac{|E(-T, +T)|}{2T}.$$

Определение. $f(x)$ ($-\infty < x < +\infty$) называется B_p — равномерно суммируемой, если как бы мало ни было $\varepsilon > 0$ существует такое число $\eta > 0$, что

$$D_{B_p}^E(f, 0) < \varepsilon, \text{ когда } \bar{\delta}E < \eta.$$

Из данного определения вытекает, что если $f(x)$ B_p — равномерно суммируема, то $D_{B_p}^E(f, 0) = 0$, когда $\bar{\delta}E = 0$. Мы ставим себе задачу доказать обратное, а именно:

Теорема 1. Если $f(x)$ ($-\infty < x < +\infty$) обладает тем свойством, что $D_{B_p}^E(f, 0) = 0$, когда $\bar{\delta}E = 0$, то $f(x)$ есть B_p — равномерно суммируемая функция.

Доказательство. Предположим, что теорема не верна. Тогда можно найти такое число $A > 0$ и такую бесконечную последовательность множеств $\{E_m\}$ ($m = 1, 2, 3, \dots$), что $\lim_{m \rightarrow \infty} \bar{\delta}E_m = 0$ и что

$$D_{B_p}^{E_m}(f, 0) > A \quad (m = 1, 2, 3, \dots).$$

Предположим, что $\bar{\delta}E_m < \frac{1}{4^m}$. По смыслу сделанных предположений мы сможем построить бесконечную последовательность положительных чисел $\{T_m\}$ ($m = 1, 2, 3, \dots$), что $\lim_{m \rightarrow \infty} T_m = \infty$, которая обладает следующими свойствами:

1)

$$T_m \geq 2 T_{m+1}.$$

2)

$$|E_m(-T, -T_m)| + |E_m(+T_m, +T)| < \\ < \frac{1}{4^m} 2(T - T_m), \text{ когда } T \geq T_{m+1}.$$

3)

$$\int_{E_m(-T, -T_m)} |f(x)|^p dx + \int_{E_m(+T_m, +T)} |f(x)|^p dx > 2 A^p (T - T_m), \text{ когда } T \geq T_{m+1}.$$

Построим теперь следующее множество:

$$E = E_1(-T_1, +T_1) + \sum_{m=1}^{\infty} [E_m(-T_{m+1}, -T_m) + \\ + E_m(+T_m, +T_{m+1})].$$

Вычислим $\bar{\delta}E$. Для этого рассмотрим множество $E(-T, +T)$ и будем считать, что $T_n \leq T < T_{n+1}$. Очевидно, имеем тогда, что

$$|E(-T_1, +T)| \leq |E_1(-T_1, +T_1)| + \\ + \sum_{m=1}^{m=n} \{|E_m(-T_{m+1}, -T_m)| + |E_m(+T_m, +T_{m+1})|\} \leq \\ \leq 2 T_1 + 2 \sum_{m=1}^{m=n} (T_{m+1} - T_m) \frac{1}{4^m} < 2 T_1 + 2 \sum_{m=1}^{m=n} T_{m+1} \cdot \frac{1}{4^m}.$$

Если $\frac{T_{m-1}}{T_m} \leq \frac{1}{2}$, то и $\frac{T_{m+1}}{T_n} \leq \frac{1}{2^{n-m+1}}$, отсюда

$$T_{m+1} \leq \frac{T_n}{2^{n-m+1}} \text{ и } T_1 \leq \frac{T_n}{2^{n-1}}.$$

Следовательно

$$|E(-T, +T)| < \frac{2T_n}{2^{n-1}} + 2T_n \sum_{m=1}^{m=n} \frac{1}{4^m} \cdot \frac{1}{2^{n-m-1}} < \\ < 2T_n \left(\frac{1}{2^{n-1}} + \frac{1}{2^{n-1}} \sum_{m=1}^{m=n} \frac{1}{2^m} \right) < 2T_n \left(\frac{1}{2^{n-1}} + \frac{1}{2^{n-1}} \right) = 2T_n \frac{1}{2^{n-2}}.$$

Поэтому

$$\frac{|E(-T, +T)|}{2T} = \frac{T_n}{T} \cdot \frac{1}{2^{n-2}} \leq \frac{1}{2^{n-2}}.$$

Отсюда очевидно, что

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{|E(-T, +T)|}{2T} = 0,$$

следовательно $\overline{\delta}E = 0$.

С другой стороны, рассмотрим величину интеграла

$$\int_{E(-T_n, +T_n)} |f(x)|^p dx.$$

Имеем:

$$\int_{E(-T_n, +T_n)} |f(x)|^p dx = \int_{E_1(-T_1, +T_1)} |f(x)|^p dx + \sum_{m=1}^{m=n-1} \left\{ \int_{E_m(-T_{m+1}, -T_m)} |f(x)|^p dx \right\} + \\ + \sum_{m=1}^{m=n-1} \left\{ \int_{E_m(+T_m, +T_{m+1})} |f(x)|^p dx \right\} > 2A^p \sum_{m=1}^{m=n-1} (T_{m+1} - T_m) = \\ = 2A^p (T_n - T_1) \geq 2A^p \left(T_n - \frac{T_n}{2^{n-1}} \right) = 2T_n \left(1 - \frac{1}{2^{n-1}} \right) \cdot A^p.$$

Отсюда следует, что

$$\frac{1}{2T_n} \int_{E(-T_n, +T_n)} |f(x)|^p dx > A^p \left(1 - \frac{1}{2^{n-1}} \right),$$

откуда видно, что

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2T_n} \int_{E(-T_n, +T_n)} |f(x)|^p dx \geq A^p,$$

а потому тем более

$$\overline{\lim}_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{E(-T, +T)} |f(x)|^p dx \geq A^p,$$

или, что то же

$$D_{B_p}^E(f, 0) \geq A > 0,$$

причем $\bar{\delta}E = 0$. Мы пришли к противоречию с условиями нашей теоремы. Итак теорема доказана.

Теорема II. Если $D_{B_p}^E(f, 0) = 0$, когда $\bar{\delta}E = 0$, то $D_{B_p}(f, 0) < +\infty$.

Доказательство. В силу теоремы I вытекает, что $f(x)$ — функция B_p — равномерно суммируемая. Возьмем числа ε и η из определения B_p — равномерной суммируемости. Тогда интервал $(-\infty, +\infty)$ мы сможем разбить на такое число множеств $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$, чтобы $\bar{\delta}E_i < \eta$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), и потом

$$D_{B_p}^{E_i}(f, 0) < \varepsilon.$$

Поэтому $D_{B_p}(f, 0) \leq \sum_{i=1}^{i=n} D_{B_p}^{E_i}(f, 0) < \varepsilon \cdot n < +\infty$, что и требовалось доказать. Теорема II не имеет обратной, что видно из следующего примера.

Пример. Пусть $f(x) = 2^n$ на отрезках $I_n = \left(+n-1 \leq x \leq n-1 + \frac{1}{2^n} \right)$ ($n = 1, 2, 3, \dots$). Вне этих отрезков

$$f(x) = 0.$$

Пусть

$$E = \sum_{n=1}^{\infty} I_n.$$

Имеем

$$|E| = \sum_{n=1}^{\infty} |I_n| = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} = 1,$$

откуда ясно, что $\bar{\delta}E = 0$.

С другой стороны, взяв $T > 0$ таким, что $(n \leq T < n+1)$, имеем

$$\begin{aligned} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} |f(x)| dx &\geq \frac{1}{2(n+1)} \int_{-n}^{+n} |f(x)| dx = \\ &= \frac{1}{2(n+1)} \sum_{k=1}^{k=n} \frac{1}{2^k} \cdot 2^k = \frac{1}{2\left(1 + \frac{1}{n}\right)}. \end{aligned}$$

Точно так же

$$\begin{aligned} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} |f(x)| dx &\leq \frac{1}{2^n} \int_{-n-1}^{+n+1} |f(x)| dx = \\ &= \frac{1}{2^n} \sum_{k=1}^{k=n+1} \frac{1}{2^k} \cdot 2^k = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{n}\right). \end{aligned}$$

Отсюда ясно, что

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} |f(x)| dx = \frac{1}{2}.$$

Значит

$$D_{B_1}(f, 0) = \frac{1}{2}.$$

Но

$$D_{B_1}^E(f, 0) = D_{B_1}(f, 0) = \frac{1}{2}$$

при условии, что $\overline{\delta E} = 0$; значит условия теоремы II не имеют места, хотя

$$D_{B_1}^E(f, 0) < +\infty.$$

А. Н. КОСТОВСКИЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРГУМЕНТОВ КОМПЛЕКСНЫХ КОРНЕЙ ПРИ ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ЛОБАЧЕВСКОГО

Пусть дано уравнение

$$f(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_n = 0 \quad (1)$$

с действительными коэффициентами. Если уравнение имеет

кратные или равные по модулю корни, то предварительно от таких корней освобождаемся [см. 1].

Допустим, что корни x_{l_i} и x_{l_i+1} ($i = 1, 2, \dots, q$) — комплексные $x_{l_i} = \rho_i (\cos \varphi_i + \sqrt{-1} \sin \varphi_i)$, $x_{l_i+1} = \rho_i (\cos \varphi_i - \sqrt{-1} \sin \varphi_i)$, тогда

$$|x_1| > |x_2| > \dots > |x_{l_1}| = |x_{l_1+1}| > |x_{l_1+2}| > \dots > |x_{l_i}| = \\ = |x_{l_i+1}| > \dots > |x_{l_q}| = |x_{l_q+1}| > \dots > |x_n|. \quad (2)$$

Сделаем последовательно h известных преобразований в методе Лобачевского данного уравнения (1), получим уравнение:

$$f_h(x) = x^n + A_1^h x^{n-1} + \dots + A_{n-1}^h x + A_n^h = 0, \quad (3)$$

корни которого суть $-x_1^m, -x_2^m, \dots, -x_n^m$, где $m = 2^h$. В коэффициентах A_k^h — индекс, а не степень.

Из этого уравнения следует

$$A_k^h = \sum_{1 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_k \leq 2p} (x_{i_1} x_{i_2} \dots x_{i_k})^m = \\ = (x_1 x_2 \dots x_k) \sum_{1 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_k \leq 2p} \left(\frac{x_{i_1}}{x_1}\right)^m \left(\frac{x_{i_2}}{x_2}\right)^m \dots \left(\frac{x_{i_k}}{x_k}\right)^m, \quad (4) \\ \text{где } (k = 1, 2, \dots, n).$$

Подставляя значения комплексных корней в (4), получим:

$$A_k^h = (x_1 x_2 \dots x_k)^m (1 + \varepsilon_k^h), \text{ если } k \neq l_i \ (i = 1, 2, \dots, q) \quad (5)$$

и

$$A_{l_i}^h = (x_1 x_2 \dots x_{l_i} \rho_i)^m (2 \cos m\varphi_i + \varepsilon_{l_i}^h) \ (i = 1, 2, \dots, q). \quad (6)$$

Сделав достаточное количество преобразований h данного уравнения, величины $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ можно сделать как угодно малыми и в коэффициентах A_k^h , ($k \neq l_i$) (из (5)) ими можно пренебречь.

Величина $2 \cos m\varphi_i$ может оказаться равной нулю или очень малой по абсолютной величине (последнее может случиться, если аргумент искомого корня φ_i равен или весьма близок

к значению $\frac{1}{2}\pi + \pi r$, поэтому величина $(x_1 x_2 \dots x_{l_i} \rho_i)^m \cdot (\varepsilon_{l_i}^h)$ может оказывать существенное влияние на величину $(x_1 x_2 \dots x_{l_i} \rho_i)^m (2 \cos m\varphi_i)$ и, следовательно, в пределах заданной точности первой величиной, а значит и $\varepsilon_{l_i}^h$, пренебрегать нельзя. Этот исключительный случай легко обнаружить проверкой, подставляя $\rho_i^m (\cos m\varphi_i \pm \sqrt{-1} \sin m\varphi_i)$ в уравнение (3), где ρ_i и $\cos m\varphi_i$ определяются из равенств (5) и (6) по формулам

$$\rho_i^m = \sqrt{\frac{A_{l_i+1}^h}{A_{l_i-1}^h}}, \quad \cos m\varphi_i = \frac{A_{l_i}^h}{2A_{l_i-1}^h}, \quad (i=1, 2, \dots, q). \quad (7)$$

Если данный корень уравнению (3) не удовлетворяет с принятой при вычислении точностью или теряется большое количество верных знаков, то это служит явным признаком того, что аргумент φ_i равен или весьма близок

к величине $\frac{1}{2}\pi + \pi r$, $m=2^h$. Следовательно, $\cos m\varphi_i$ опре-

делять по формуле (7) нельзя. Тогда очевидно, что, сделав еще одно $h+1$ преобразование данного уравнения, получим уравнение $f_{n+1}(x)=0$, в котором $(\cos 2m\varphi_i)$ будет весьма близко к единице (аргумент $2m\varphi_i$ будет равен или весьма близок к $\pi + 2\pi r$). Теперь величиной $\varepsilon_{l_i}^{h+1}$ можно пренебречь и $\cos 2m\varphi_i$ мы определим по формуле

$$\cos 2m\varphi_i = \cos 2^{h+1}\varphi_i = 2 \frac{A_{l_i}^{h+1}}{A_{l_i-1}^{h+1}}.$$

Пусть корень $\rho_i^m (\cos m\varphi_i \pm \sqrt{-1} \sin m\varphi_i)$ с принятой при вычислении точностью удовлетворяет уравнению (3).

Вычисляем

$$\cos 2^{h-1}\varphi_i = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos 2^h\varphi_i}{2}} \quad (8)$$

или $\lg \cos 2^{h-1}\varphi_i = \frac{1}{2} [\lg(1 + \cos 2^h\varphi_i) - \lg 2]$, где значение $\lg(1 + \cos 2^h\varphi_i)$ лучше вычислять, пользуясь гауссовыми логарифмами сумм и разностей. Затем из уравнения $f_{h-1}(x)=0$

определяем величину $\frac{A_{l_i}^{h-1}}{2A_{l_i-1}^{h-1}}$. Если эта величина совпадает

или незначительно отличается от значения корня в (8) (т. е. теряется несколько верных знаков), то берем значение $\cos 2^{h-1}\varphi_i$ в (8) со знаком, совпадающим со знаком коэффициента $A_{l_i}^{h-1}$, в противном случае знак $\cos 2^{h-1}\varphi_i$ устанавливаем проверкой, подставляя $\rho_i^{2^{h-1}}(\cos 2^{h-1}\varphi_i \pm \sqrt{-1} \sin 2^{h-1}\varphi_i)$ в уравнение $f_{n-1}(x) = 0$, где ρ_i определяется из (8).

Дальше аналогично определяется $\cos 2^{h-2}\varphi_i$ и т. д. Прделаав h шагов, найдем $\cos \varphi_i$, а следовательно, и аргумент пары сопряженных комплексных корней данного уравнения (1) x_{l_i} и x_{l_i+1} .

Предложенный способ определения аргументов комплексных корней существенно отличается от известных уже способов, например, от способа, предложенного Энке (2), в котором приходится составлять два многочлена, соответственно степеней $\left[\frac{n+1}{2}\right]$ и $\left[\frac{n+1}{2}\right] - 1$, находить их общий наибольший делитель и, наконец, приравняв последний нулю, решать полученное уравнение. Так как коэффициенты составленных многочленов, вообще говоря, будут несоизмеримы, то нахождение общего наибольшего делителя вызывает значительные трудности. Трудность определения аргументов методом Энке будет тем больше, чем выше степени данного уравнения (1). Трудность определения аргументов способом, предложенным в настоящей статье, зависит от количества преобразований данного уравнения и не зависит от степени n данного уравнения (1).

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Крылов. Лекции о приближенных вычислениях, Гостехиздат, 1950.

J. F. Encke. Allgemeine Auflösung der numerischen Gleichungen, „Berliner astronomisches Jahrbuch für 1841“, 1839, 66, стр. 281-338, то же в „Journal für die reine und angewandte Mathematik“ 1841, 22, стр. 193-248, то же в кн. „Gesammelte mathematische und astronomische Abhandlungen von J. F. Encke“ т. 1. Берлин, 1888.

А. Н. КУЛИК

УПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНКИ С КРУГОВЫМ ВЫРЕЗОМ, ПОДКРЕПЛЕННЫМ ТОНКИМ УПРУГИМ КОЛЬЦОМ

Рассмотрим плоскую задачу о напряженном состоянии эллиптической пластинки с круговым вырезом, подкрепленным тонким кольцом. Центр кольца и центр симметрии

эллипса совпадают. По внешнему контуру пластинки приложено гидростатическое давление интенсивности p . Другой вид нагрузки несущественно отражается на решении задачи. Напряженное состояние в пластинке определяется функциями $\varphi(z)$ и $\psi(z)$ голоморфными в двухсвязной области S , ограниченной окружностью γ радиуса R и контуром L , и удовлетворяющими граничным условиям [1]:

$$\varphi(t) + \overline{t\varphi'(t)} + \overline{\psi(t)} = -pt + \text{const} \quad \text{на } L \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} x\overline{\varphi'(t)} - \varphi'(t) + e^{2i\alpha}\{\overline{t\varphi''(t)} + \psi'(t)\} &= 2\mu(\varepsilon_0 - i\Theta) \\ \overline{\varphi'(t)} + \varphi'(t) - e^{2i\alpha}\{\overline{t\varphi''(t)} + \psi'(t)\} &= e^{i\alpha}(X_n - iY_n) \end{aligned} \right\} \quad \text{на } \gamma \quad (2)$$

μ — модуль сдвига пластинки, α — угол между нормалью к окружности и положительным направлением оси x , ε_0 — относительное удлинение осевой линии подкрепляющего кольца. Θ — угол поворота подкрепляющего кольца в плоскости xOy . За начало отсчета дуг выберем точку $(R, 0)$, где R — радиус средней линии подкрепляющего кольца.

Раскладывая проекции напряжений X_n и Y_n в ряды Фурье:

$$X_n = \alpha_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k \sigma^k + \overline{\alpha_k} \sigma^{-k}, \quad Y_n = \beta_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \beta_k \tau^k + \overline{\beta_k} \tau^{-k}, \quad (3)$$

из равенства нулю главного вектора усилий, приложенных к контуру γ , получим, что $\alpha_0 = \beta_0 = 0$, и из равенства нулю главного момента этих усилий следует $\alpha_1 + i\beta_1 = \overline{\alpha_1} - i\overline{\beta_1}$. Из условий (2) на контуре γ найдем

$$\begin{aligned} \varphi'(t) &= \frac{1}{z+1} \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} (k+2) [(\alpha_k - i\beta_k) C_k + (\alpha_{k+2} + \right. \\ &+ i\beta_{k+2}) D_{k+2}] \left(\frac{t}{R}\right)^{k+1} - \sum_{k=1}^{\infty} k [(\overline{\alpha_k} + i\overline{\beta_k}) A_k + (\overline{\alpha_{k+2}} - \\ &- i\overline{\beta_{k+2}}) B_{k+2}] \left(\frac{R}{t}\right)^{k+1} + \left[\frac{2\mu R}{g_1} + 1\right] (\alpha_2 + i\beta_2) \frac{t}{R} + \\ &+ \left[\frac{2\mu R^3}{g_1 R^2 + g_2} + 1\right] (\alpha_1 + i\beta_1) + 2\mu i (C_u + \Theta_0) \Big\}, \\ \psi'(t) &= \frac{1}{z+1} \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} k [(\alpha_k - i\beta_k) F_k - (\alpha_{k+2} + i\beta_{k+2}) L_{k+2}] \left(\frac{t}{R}\right)^{k-1} - \right. \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
& - \sum_{k=1}^{\infty} (k+2) [(\bar{\alpha}_k + i\bar{\beta}_k)M_k + (\bar{\alpha}_{k+2} - i\bar{\beta}_{k+2})N_{k+2}] \left(\frac{R}{t}\right)^{k+3} + \\
& + \left[\frac{4\mu R^3}{g_1 R^2 + g_2} + 1 - \kappa \right] (\alpha_1 + i\beta_1) \left(\frac{R}{t}\right)^2 + \left[\frac{2\mu R}{g_1} - \kappa \right] (\alpha_2 - \\
& - i\beta_2) \left(\frac{R}{t}\right)^3 \}.
\end{aligned} \quad (5)$$

Здесь

$$\begin{aligned}
A_k &= \frac{\mu R g_2 k^2 + \mu R^3 g_1 - g_1 g_2 k(k+1)^2}{g_1 g_2 k^2 (k+1)^2}, \\
B_{k+2} &= \frac{\mu R^3 g_1 - \mu R g_2 k(k+2)}{g_1 g_2 k(k+1)^2 (k+2)}, \\
C_k &= \frac{\mu R^3 g_1 - \mu R g_2 k(k+2)}{g_1 g_2 k(k+1)^2 (k+2)}, \\
D_{k+2} &= \frac{g_1 g_2 (k+1)^2 (k+2) + \mu R g_2 (k+2)^2 + \mu R^3 g_1}{g_1 g_2 (k+1)^2 (k+2)^2}, \\
M_k &= \frac{\mu R g_2 k(k+2) + \mu R^3 g_1 - g_1 g_2 k(k+1)(k+2)}{g_1 g_2 k(k+1)(k+2)}, \\
N_{k+2} &= \frac{\mu R^3 g_1 + \kappa g_1 g_2 (k+1)(k+2) - \mu R g_2 (k+2)^2}{g_1 g_2 (k+1)(k+2)^2}, \\
F_k &= \frac{\mu R g_2 k^2 - \mu R^3 g_1 - g_1 g_2 \kappa k(k+1)}{g_1 g_2 k^2 (k+1)}, \\
L_{k+2} &= \frac{g_1 g_2 k(k+1)(k+2) + \mu R^3 g_1 + \mu R g_2 k(k+2)}{g_1 g_2 k(k+1)(k+2)},
\end{aligned}$$

где g_1 — жесткость подкрепляющего кольца на растяжение, g_2 — жесткость на изгиб, C_u — действительная постоянная интегрирования, Θ_o — угол поворота кольца в точке (R, o) . В формулах (5) и (4) комплексную величину $\alpha_k - i\beta_k$ обозначим через $a_k + ib_k$ и $\alpha_{k+2} + i\beta_{k+2}$ через $c_{k+2} + id_{k+2}$. Положим, что в области S искомые функции $\varphi(z)$, $\psi(z)$ имеют вид

$$\begin{aligned}
\varphi(z) &= \frac{1}{z+1} \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} [(a_k - ib_k)A_k + (c_{k+2} - id_{k+2})B_{k+2}] \frac{R^{k+1}}{z^k} + \right. \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} [(a_k + ib_k)C_k + (c_{k+2} + id_{k+2})D_{k+2}] \frac{z^{k+2}}{R^{k+1}} + \\
& + \left[\frac{2\mu R}{g_1} + 1 \right] \frac{(c_2 + id_2)}{2} \frac{z^2}{R} + \left[\frac{2\mu R^3}{g_1 R^2 + g_2} + 1 \right] (\alpha_1 + i\beta_1) z + \\
& \left. + 2\mu i(C_u + \Theta_o)z \right\} + A_o,
\end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \psi(z) = & \frac{1}{z+1} \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} [(a_k + ib_k)F_k + (c_{k+2} + id_{k+2})L_{k+2}] \frac{z^k}{R^{k-1}} + \right. \\ & + \sum_{k=1}^{\infty} [(a_k - ib_k)M_k + (c_{k+2} - id_{k+2})N_{k+2}] \frac{R^{k+3}}{z^{k+2}} - \\ & - \left[\frac{4\mu R^3}{g_1 R^2 + g_2} + 1 - \chi \right] (a_1 + i\beta_1) \frac{R^2}{z} - \\ & \left. - \left[\frac{2\mu^2}{g_1} - \chi \right] \frac{c_2 - id_2}{2} \frac{R^3}{z^2} \right\} + B_o, \end{aligned} \quad (7)$$

где A_o, B_o — комплексные постоянные, выражающиеся через неизвестные $a_k, b_k, c_{k+2}, d_{k+2}$. При таком задании функций $\varphi(z), \psi(z)$ граничные условия на γ удовлетворяются тождественно, независимо от вида коэффициентов $a_k, b_k, c_{k+2}, d_{k+2}$. Как видно из (6) и (7), искомые функции можно представить как сумму двух функций, одна из которых имеет действительные коэффициенты a_k, c_{k+2} , а другая — чисто мнимые ib_k, id_{k+2} .

$$\varphi(z) = \varphi_o(z) + \varphi_m(z); \quad \psi(z) = \psi_o(z) + \psi_m(z) \quad (8)$$

$$A_o = A^* + iA^{**}, \quad B_o = B^* + iB^{**}.$$

Подставляя формулы (8) в условие (1), получим для определения неизвестных коэффициентов $a_k, c_{k+2}, b_k, d_{k+2}$ два граничных равенства [2]:

$$\varphi_o(t) + t \cdot \overline{\varphi'_o(t)} + \overline{\psi_o(t)} = -pt + C^*, \quad \text{на } L \quad (9)$$

$$\varphi_m(t) + t \overline{\varphi'_m(t)} + \overline{\psi_m(t)} = iC^{**}, \quad (10)$$

где $\text{const} = C^* + iC^{**}$ — постоянная, подлежащая определению. Взяв в рядах для $\varphi(z)$ и $\psi(z)$ конечное число членов s , подставим значения $\varphi_o(z), \psi_o(z)$ в (9). Переходя к переменной $\sigma: t = A\left(\sigma + \frac{m}{\sigma}\right)$, введем обозначения $\lambda = \frac{R}{A}$ и

$$g_1(n, k) = (-1)^{\frac{n-k}{2}} \frac{\frac{n+k}{2}!}{\frac{n-k}{2}! k!} m^{\frac{n-k}{2}},$$

$$g(n, k) = \frac{k!}{\frac{n+k}{2}! \frac{k-n}{2}!} m^{\frac{n+k}{2}}.$$

Меняя порядок суммирования и сравнивая коэффициенты при одинаковых степенях σ , для определения a_k и c_{k+2} получим систему:

$$\begin{aligned}
& \sum_{\kappa=0}^{s'} \alpha_{2\kappa+1}^{2n+1} a_{2\kappa+1} + \beta_{2\kappa+3}^{2n+1} c_{2\kappa+3} = \\
& = \begin{cases} -p(\kappa+1) - (\alpha_1 + i\beta_1) \left[\frac{4\mu R^3}{g_1 R^2 + g_2} + 2 \right] - \left[\frac{4\mu R^3}{g_1 R^2 + g_2} + \right. \\ \left. - 1 - \kappa \right] \lambda^2 g_1(0,0) \} & \text{при } n=0 \\ \left[\frac{4\mu R^3}{g_1 R^2 + g_2} + 1 - \kappa \right] \lambda^2 (\alpha_1 + i\beta_1) g_1(2n, 0) & \text{при } n=1, \dots, s' \end{cases} \\
& \sum_{\kappa=0}^{s'} \gamma_{2\kappa+1}^{2n+1} a_{2\kappa+1} + \delta_{2\kappa+3}^{2n+1} c_{2\kappa+3} = \\
& = \begin{cases} -p(\kappa+1)m - \left[\frac{4\mu R^3}{g_1 R^2 + g_2} + 2 \right] (\alpha_1 + i\beta_1)m & \text{при } n=0, \\ 0 & \text{при } n=1, 2, \dots, s', \end{cases}
\end{aligned}$$

где известные коэффициенты имеют вид:

$$\begin{aligned}
\alpha_{2\kappa+1}^{2n+1} &= \frac{C_{2\kappa+1}}{\lambda^{2\kappa+2}} [g(-2n-1, 2\kappa+3) + (2\kappa+3)g(2n, 2\kappa+2) + \\
&+ m \cdot (2\kappa+3)g(2n+2, 2\kappa+2)] - \\
&- (2\kappa+1)\lambda^{2\kappa+2} A_{2\kappa+1} [g_1(2n-1, 2\kappa+1) + mg_1(2n+ \\
&+ 1, 2\kappa+1)] + M_{2\kappa+1} \lambda^{2\kappa+4} g_1(2n, 2\kappa+2) + \\
&+ \frac{F_{2\kappa+1}}{\lambda^{2\kappa}} g(2n+1, 2\kappa+1); \\
\beta_{2\kappa+3}^{2n+1} &= \frac{D_{2\kappa+3}}{\lambda^{2\kappa+2}} [g(-2n-1, 2\kappa+3) + (2\kappa+3)g(2n, 2\kappa+2) + \\
&+ m(2\kappa+3)g(2n+2, 2\kappa+2)] - \\
&- (2\kappa+1)\lambda^{2\kappa+2} B_{2\kappa+3} [g_1(2n-1, 2\kappa+1) + \\
&+ mg_1(2n+1, 2\kappa+1)] + N_{2\kappa+3} \lambda^{2\kappa+4} g_1(2n, 2\kappa+2) - \\
&- \frac{L_{2\kappa+3}}{\lambda^{2\kappa}} g(2n+1, 2\kappa+1); \\
\gamma_{2\kappa+1}^{2n+1} &= A_{2\kappa+1} \lambda^{2\kappa+2} g_1(2n, 2\kappa) + \frac{C_{2\kappa+1}}{\lambda^{2\kappa+2}} [g(2n+1, 2\kappa+3) + \\
&+ (2\kappa+3)g(-2n-2, 2\kappa+2) + m(2\kappa+3)g(-2n, 2\kappa+2)] + \\
&+ \frac{F_{2\kappa+1}}{\lambda^{2\kappa}} g(-2n-1, 2\kappa+1);
\end{aligned}$$

$$\delta_{2k+3}^{2n+1} = B_{2k+3} \lambda^{2k+2} g_1(2n, 2k) + \frac{D_{2k+3}}{\lambda^{2k+2}} [g(2n+1, 2k+3) + \\ + (2k+3)g(-2n-2, 2k+2) + m(2k+3)g(-2n, 2k+2)] - \\ - \frac{L_{2k+3}}{\lambda^{2k}} g(-2n-1, 2k+1).$$

Для коэффициентов b_n , d_n получим однородную систему с детерминантом, отличным от нуля, поэтому все $b_n = d_n = 0$. Из сравнения коэффициентов при σ^0 следует, что $C^* = A^* + B^*$. Из условия сходимости рядов для X_n и Y_n , задавшись величиной s' , приравняем нулю коэффициент $c_{2s'+3}$. Получим систему уравнений, из которой определяется $\alpha_1 + i\beta_1$. Проведен подсчет функций и напряжений при отношении полуосей эллипса $\frac{b}{a} = \frac{3}{4}$. Для $s' = 2$ граничное условие проверялось в двух точках: на концах горизонтального и вертикального диаметра. Ошибка в выполнении граничного условия для $s' = 2$ не превосходит 1,5%. Для достижения большей точности выполнения граничных условий следует увеличить число s' . В таблице приведены значения напряжений по контуру спая в кольце и пластинке.

Таблица

	В пластинке			В кольце
	$\frac{\widehat{\theta\theta}}{p}$	$\frac{\widehat{rr}}{p}$	$\frac{\widehat{r\theta}}{p}$	$\frac{\widehat{\theta\theta}}{p}$
0°	— 1,990	— 0,656	0,0000	— 7,044
15°	— 1,986	— 0,654	— 0,0102	— 7,029
30°	— 1,970	— 0,647	— 0,0306	— 6,975
45°	— 1,935	— 0,635	— 0,0563	— 6,852
60°	— 1,884	— 0,620	— 0,0675	— 6,669
75°	— 1,837	— 0,607	— 0,0470	— 6,501
90°	— 1,818	— 0,603	0,0000	— 6,432

ЛИТЕРАТУРА

1. М. П. Шереметьев. Пластинка, край которой подкреплён упругим кольцом постоянного сечения. ДАН УССР №1. 1952.
2. М. З. Народецкй. Растяжение квадратной пластинки, ослабленной круговым вырезом в центре. Инж. сборник, т. 14. 1953.

КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ВОЗЛЕ КРУГОВОГО ОТВЕРСТИЯ, ПОДКРЕПЛЕННОГО ТОНКИМ УПРУГИМ КОЛЬЦОМ

Пусть в изотропной плоскости сделано отверстие, в которое впаяно тонкое упругое кольцо, радиус осевой линии которого R . На бесконечности к плоскости приложена какая-то система нагрузок, при которой функция напряжений Эри для плоскости без отверстия имеет вид полинома степени $n+2$:

$$U_o(x, y) = C_{n+2,0} x^{n+2} + C_{n+1,1} x^{n+1} y + \dots + C_{1,n+1} x y^{n+1} + \\ + C_{0,n+2} y^{n+2} + C_{n+1,0} x^{n+1} + \dots + C_{0,n-1} y^{n+1} + \dots + \\ + C_{2,0} x^2 + C_{1,1} x y + C_{0,2} y^2.$$

Нетрудно определить по $U_o(x, y)$ соответствующие ей функции напряжений Колосова-Мусхелишвили, а по ним их производные $\Phi_o(z) = \frac{d}{dz} \frac{\partial U_o}{\partial z}$, $\Psi_o(z) = \frac{d}{dz} \frac{\partial U_o}{\partial \bar{z}}$. Их общий вид будет [1]

$$\Phi_o(z) = \frac{A_n}{R^n} z^n + \frac{A_{n-1}}{R^{n-1}} z^{n-1} + \dots + \frac{A_2}{R^2} z^2 + \frac{A_1}{R} z + A_0; \\ \Psi_o(z) = \frac{B_n}{R^n} z^n + \frac{B_{n-1}}{R^{n-1}} z^{n-1} + \dots + \frac{B_2}{R^2} z^2 + \frac{B_1}{R} z + B_0.$$

Здесь коэффициенты A_j, B_j — вообще комплексные. R — пока произвольная вещественная постоянная. Так как влияние подкрепленного отверстия на напряженное состояние плоскости должно сказываться только вблизи подкрепленного выреза, то функции напряжений имеют вид:

$$\Phi_1(z) = \Phi_o(z) + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \frac{R^k}{z^k}, \quad \Psi_1(z) = \Psi_o(z) + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \frac{R^k}{z^k}.$$

Эти функции должны быть определены из граничных условий, которые относим к осевой линии подкрепляющего кольца. Делая замену $z = R\zeta$ и вводя обозначения

$$\Phi_1[z(\zeta)] = \Phi_1(\zeta), \quad \Psi_1[z(\zeta)] = \Psi_1(\zeta), \quad \Phi_o[z(\zeta)] = \Phi_o(\zeta), \\ \Psi_o[z(\zeta)] = \Psi_o(\zeta), \quad \Phi[z(\zeta)] = \Phi(\zeta), \quad \Psi[z(\zeta)] = \Psi(\zeta);$$

запишем граничные условия задачи:

$$z \overline{\Phi(\sigma)} - \Phi(\sigma) + \sigma^2 \left\{ \frac{1}{\sigma} \Phi'(\sigma) + \Psi(\sigma) \right\} = 2\mu(\varepsilon_0 - i\theta) -$$

$$\begin{aligned}
& -\kappa \sum_{k=0}^n \bar{A}_k \sigma^{-k} - \sum_{k=0}^n (\kappa-1) A_k \sigma^k - \sum_{k=0}^n B_k \sigma^{k+2}; \\
& \overline{\Phi(\sigma)} + \Phi(\sigma) - \sigma^2 \left\{ \frac{1}{\sigma} \Phi'(\sigma) + \Psi(\sigma) \right\} = \sigma [X_n(\sigma) - i Y_n(\sigma)] - \\
& - \sum_{k=0}^n \bar{A}_k \sigma^{-k} + \sum_{k=0}^n (k-1) A_k \sigma^k + \sum_{k=0}^n B_k \sigma^{k+2}.
\end{aligned}$$

Разложим проекции усилий X_n , Y_n в ряды Фурье

$$X_n = \alpha_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k \sigma^k + \bar{\alpha}_k \sigma^{-k}, \quad Y_n = \beta_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \beta_k \sigma^k + \bar{\beta}_k \sigma^{-k}.$$

Главный вектор и главный момент усилий, передаваемых на упругую плоскость, со стороны кольца равны нулю, что дает:

$$\alpha_0 = \beta_0 = 0, \quad \alpha_1 + i\beta_1 = \bar{\alpha}_1 - i\bar{\beta}_1.$$

Применяя известный способ [2], определим растягивающую силу и изгибающий момент в подкрепляющем кольце:

$$\begin{aligned}
N &= (V_{oy} + R D_\beta) \frac{1}{2} \left(\sigma + \frac{1}{\sigma} \right) + \frac{i}{2} (V_{ox} + R D_\alpha) \left(\sigma - \frac{1}{\sigma} \right) + \\
&+ R(\alpha_1 + i\beta_1) - \frac{R}{2} \sum_{k=1}^{\infty} (\gamma_{k+1} \sigma^{k+1} + \bar{\gamma}_{k+1} \sigma^{-(k+1)}) + \\
&+ \frac{R}{4} [(\alpha_2 + i\beta_2) \sigma + (\bar{\alpha}_2 - i\bar{\beta}_2) \sigma^{-1}]; \\
M &= \frac{R^2}{4} [(\alpha_2 + i\beta_2) \sigma + (\bar{\alpha}_2 - i\bar{\beta}_2) \sigma^{-1}] - \frac{R}{2} \left(\sigma + \frac{1}{\sigma} \right) (V_{oy} + \\
&+ R D_\beta) - \frac{i}{2} R \left(\sigma - \frac{1}{\sigma} \right) (V_{ox} + R D_\alpha) + \\
&+ \sum_{k=1}^{\infty} (\delta_{k+1} \sigma^{k+1} + \bar{\delta}_{k+1} \sigma^{-(k+1)}) + C,
\end{aligned}$$

где V_{ox} , V_{oy} , M_{oz} — проекции главного вектора и главного момента, действующих в сечении $s=0$ на оси координат. D_α и D_β — постоянные интегрирования.

$$\gamma_{k+1} = (\alpha_k - i\beta_k) \frac{1}{k} - (\alpha_{k+2} + i\beta_{k+2}) \frac{1}{k+2}; \quad (1)$$

$$\delta_{k+1} = \frac{\alpha_k - i\beta_k}{k(k+1)} + \frac{(\alpha_{k+2} + i\beta_{k+2})}{(k+1)(k+2)}; \quad (2)$$

$$C = M_{oz} + R V_{oy} - R^2(\alpha_1 + i\beta_1) + \frac{R^2}{2}(C_\alpha - iC_\beta); \quad (3)$$

C_α и C_β — постоянные интегрирования. Определив относительное удлинение оси кольца ϵ_o и Θ — угол поворота его, из условия однозначности угла поворота Θ получим

$$\frac{R^4 g_1}{g_1 R^2 + g_2} (\alpha_1 + i\beta_1) = M_{oz} + R V_{oy} + \frac{R^2}{2}(C_\alpha - iC_\beta). \quad (4)$$

Условие однозначности смещений для кольца дает:

$$(V_{oy} + R D_\beta) - i(V_{ox} + R D_\alpha) - \frac{R}{2}(\bar{\alpha}_2 - i\bar{\beta}_2) = 0. \quad (5)$$

Подставив значения ϵ_o и Θ в граничные условия задачи и сравнивая коэффициенты при одинаковых степенях z , получим ряд соотношений для определения неизвестных величин a_k , b_k , $\alpha_k - i\beta_k$, $\alpha_{k+2} + i\beta_{k+2}$. Так как A_o есть свободный член функции $\Phi_o(z)$, который при отсутствии на бесконечности вращения действителен, то $\bar{A}_o = A_o$, и из полученных соотношений, исключая $\alpha_k - i\beta_k$, $\alpha_{k+2} + i\beta_{k+2}$, для каждой пары a_k , b_{k+2} получим свою систему уравнений, из которой найдем:

$$\begin{aligned} a_k = & \frac{\bar{A}_k}{\Delta} [\mu R g_2 (z-1)(k-1)^2(k+1) + 4\mu^2 R^4 (k-1) - \\ & - \mu R^3 g_1 (z-1)(k-1) - g_1 g_2 (k-1)^2 k^2 (k+1)] + \\ & + \frac{\bar{B}_{k-2}}{\Delta} [4\mu^2 R^4 + 2\mu R^3 g_1 - 2\mu R g_2 (k^2-1) - g_1 g_2 k^2 (k^2-1)]; \quad (6) \\ b_{k+2} = & \frac{\bar{A}_k}{\Delta} [4\mu^2 R^4 k^2 - (k^2-1)k^2(k^2-1+z^2)g_1 g_2 - \\ & - 2k^2 \mu R^3 g_1 + 2k^2 (k^2-1) \mu z R g_2] + \\ & + \frac{\bar{B}_{k-2}}{\Delta} [4(k+1)\mu^2 R^4 - (k+1)(z-1)\mu R^3 g_1 - \\ & - (k-1)k^2(k+1)^2 g_1 g_2 + \mu R g_2 (z-1)(k-1)(k+1)^2]; \\ & \text{при } k \geq 1; \\ \Delta = & \mu R g_2 (k^2-1)[(k-1) + z(k+1)] + \mu R^3 g_1 [(k+1) + \\ & + z(k-1)] + 4\mu^2 R^4 + z g_1 g_2 (k^2-1)k^2. \end{aligned}$$

Отдельно находим

$$b_2 = \frac{4\mu R^3 - (z-1)(g_1 R^2 + g_2)}{2\mu R^3 + g_1 R^2 + g_2} A_o, \quad b_3 = \frac{2\mu R - z g_1}{2\mu R + g_1} \bar{A}_1. \quad (7)$$

Для определения a_k, b_{k+2} ($k = n+3, n+4, \dots$) получим систему двух однородных уравнений с определителем Δ , который не равен нулю, поэтому все коэффициенты a_k, b_{k+2} при $k \geq n+3$ равны нулю, и задачу о напряженном состоянии плоскости решают функции

$$\begin{aligned}\Phi_1(z) &= \sum_{k=0}^n \frac{A_k}{R^k} z^k + \sum_{k=2}^{n+2} a_k \frac{R^k}{z^k}, \\ \Psi_1(z) &= \sum_{k=0}^n \frac{B_k}{R^k} z^k + \sum_{k=2}^{n+4} b_k \frac{R^k}{z^k},\end{aligned}\quad (8)$$

где a_k, b_k определяются по формулам (6), (7). Чтобы определить напряженное состояние кольца, из соотношений, полученных при сравнении коэффициентов при одинаковых степенях z , следует исключить a_k, b_k . Для каждой пары неизвестных $\bar{\alpha}_{k-1} + i\bar{\beta}_{k-1}, \bar{\alpha}_{k+1} - i\bar{\beta}_{k+1}$ получим свою систему. Рассмотрим частные случаи:

1) Чистый изгиб балки с отверстием, подкрепленным кольцом, когда размеры отверстия малы по сравнению с размерами балки. В этом случае, как известно,

$$\Phi_0(z) = \frac{A_1}{R} z, \quad \Psi_0(z) = \frac{B_1}{R} z,$$

где

$$A_1 = \frac{iM^*R}{4I}, \quad B_1 = -\frac{iM^*R}{4I}.$$

Из формул (6), (7) и (8) имеем

$$\Phi_1(z) = \frac{A_1}{R} z + a_3 \frac{R^3}{z^3}, \quad \Psi_1(z) = \frac{B_1}{R} z + b_3 \frac{R^3}{z^3} + b_5 \frac{R^5}{z^5},$$

где

$$a_3 = \frac{iM^*R}{4I} \cdot \frac{2\mu^2 R^4 + \mu R^3 g_1 - 8\mu R g_2 - 36g_1 g_2}{8\mu R g_2(1+2z) + \mu R^3 g_1(2+z) + 2\mu^2 R^4 + 36z g_1 g_2};$$

$$b_3 = -\frac{iM^*R}{4I} \cdot \frac{2\mu R - z g_1}{2\mu R + g_1};$$

$$b_5 = \frac{iM^*R}{4I} \cdot \frac{8\mu^2 R^4 - 2(z-1)\mu R^3 g_1 - 144g_1 g_2 + 16(z-1)\mu R g_2}{8\mu R g_2(1+2z) + \mu R^3 g_1(2+z) + 2\mu^2 R^4 + 36z g_1 g_2}.$$

Напряженное состояние кольца определяется следующими значениями M и N :

$$N = -\frac{R}{2} (\gamma_3 \sigma^3 + \bar{\gamma}_3 \bar{\sigma}^{-3})$$

$$M = \frac{R^2}{2} (\delta_3 \sigma^3 + \bar{\delta}_3 \bar{\sigma}^{-3}) + C,$$

где

$$\gamma_3 = \frac{1}{4} [2(\alpha_2 - i\beta_2) - (\alpha_4 + i\beta_4)],$$

$$\delta_3 = \frac{1}{12} [2(\alpha_2 - i\beta_2) + (\alpha_4 + i\beta_4)],$$

причем

$$\alpha_2 - i\beta_2 = (\kappa + 1) \frac{iM^*R}{4I} \cdot$$

$$\frac{2\mu R^3 g_1 + 32\mu R g_2 + 72g_1 g_2}{2\mu R^3 g_1(2 + \kappa) + 4\mu^2 R^4 + 16\mu R g_2(1 + 2\kappa) + 72\kappa g_1 g_2};$$

$$\alpha_4 + i\beta_4 = (\kappa + 1) \frac{iM^*R}{4I} \cdot$$

$$\frac{32\mu R g_2 - 4\mu R^3 g_1}{2\mu R^3 g_1(2 + \kappa) + 4\mu^2 R^4 + 16\mu R g_2(1 + 2\kappa) + 72\kappa g_1 g_2}.$$

Для определения постоянных V_{ox} , V_{oy} , M_{oz} используем условия (3), (4), (5).

2) Изгиб балки при постоянной поперечной силе. В этом случае

$$\Phi_0(z) = \frac{A_1}{R} z + \frac{A_2}{R^2} z^2; \quad \Psi_0(z) = B_0 + \frac{B_1}{R} z + \frac{B_2}{R^2} z^2;$$

где

$$A_1 = -\frac{iRQ}{4I}(l-a), \quad A_2 = \frac{iR^2Q}{8I}, \quad B_0 = -\frac{iQh^2}{2I},$$

$$B_1 = \frac{iRQ}{4I}(l-a), \quad B_2 = -\frac{iR^2Q}{4I}.$$

Напряженное состояние балки определяют функции

$$\Phi_1(z) = \frac{A_1}{R} z + \frac{A_2}{R^2} z^2 + a_2 \frac{R^2}{z^2} + a_3 \frac{R^3}{z^3} + a_4 \frac{R^4}{z^4};$$

$$\Psi_1(z) = B_0 + \frac{B_1}{R} z + \frac{B_2}{R^2} z^2 + b_4 \frac{R^4}{z^4} + b_5 \frac{R^5}{z^5} + b_6 \frac{R^6}{z^6},$$

где коэффициенты имеют значения

$$a_2 = -\frac{iR^2Q}{8I\Delta_2} [3\mu R g_2(\kappa - 1) + 4\mu^2 R^4 - \mu R^3 g_1(\kappa - 1) - 12g_1 g_2] +$$

$$+ \frac{iQh^2}{2I\Delta_2} [4\mu^2 R^4 + 2\mu R^3 g_1 - 6\mu R g_2 - 12g_1 g_2],$$

$$a_3 = -\frac{iRQ}{4I\Delta_3} (l-a) [2\mu^2 R^4 + \mu R^3 g_1 - 8\mu R g_2 - 36g_1 g_2];$$

$$\begin{aligned}
a_4 &= \frac{iR^2Q}{4\Delta_4} (4\mu^2R^4 + 2\mu R^3g_1 - 30\mu Rg_2 - 240g_1g_2), \\
b_4 &= -\frac{iR^2Q}{8\Delta_2} [16\mu^2R^4 - 12(3 + \kappa^2)g_1g_2 - 8\mu\kappa R^3g_1 + 24\mu\kappa Rg_2] + \\
&+ \frac{iQh^2}{2\Delta_2} [12\mu^2R^4 - 3(\kappa - 1)\mu R^3g_1 - 36g_1g_2 + 9(\kappa - 1)\mu Rg_2]; \\
b_5 &= -\frac{iRQ}{4\Delta_3} (l - a)[8\mu^2R^4 - 2(\kappa - 1)\mu R^3g_1 - \\
&- 144g_1g_2 + 16\mu Rg_2(\kappa - 1)]; \\
b_6 &= \frac{iR^2Q}{4\Delta_4} [20\mu^2R^4 - 5(\kappa - 1)\mu R^3g_1 - \\
&- 1200g_1g_2 + 75(\kappa - 1)\mu Rg_2]; \\
\Delta_2 &= 3\mu Rg_2(1 + 3\kappa)\mu R^3g_1(3 + \kappa) + 4\mu^2R^4 + 12\kappa g_1g_2; \\
\Delta_3 &= 8\mu Rg_2(1 + 2\kappa) + \mu R^3g_1(2 + \kappa) + 2\mu^2R^4 + 36\kappa g_1g_2; \\
\Delta_4 &= 15\mu Rg_2(3 + 5\kappa) + \mu R^3g_1(5 + 3\kappa) + 4\mu^2R^4 + 240\kappa g_1g_2.
\end{aligned}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Г. Савин. Концентрация напряжений около отверстий. ГИТТЛ. 1951.
2. М. П. Шереметьев. Пластика, край которой подкреплён упругим кольцом постоянного сечения. ДАН УССР, № 1, 1952.

Н. П. ФЛЕЙШМАН

УПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ ПЛАСТИН, УСИЛЕННЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫМИ РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ

Рассмотрим первую основную задачу изгиба изотропной тонкой плиты, срединная плоскость которой занимает некоторую конечную многосвязную область S плоскости $z = x + iy$ с границей L , состоящей из совокупности $m + 1$ простых замкнутых кривых L_j ($j = 1, 2, \dots, m + 1$). Плита усилена l кольцевыми ребрами жесткости из другого материала, осевые линии которых обозначены через $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l$. Области, заключенные внутри контуров γ_k ($k = 1, 2, \dots, l$), предполагаются, для простоты, односвязными. Линии $\Gamma = \sum_{k=1}^l \gamma_k$ и L не касаются и не пересекают друг друга.

Ребра жесткости рассматриваются как упругие тонкие кольца, одна из главных осей инерции поперечных сечений

которых лежит в плоскости xoy . Предполагается, что сопряжение между областями плиты расположенными внутри и вне ребер жесткости, происходит соответственно по кривым γ_k .

Принимая во внимание, что при переходе через γ_k внутренние усилия (изгибающий момент и поперечная сила) в плите претерпевают неизвестные скачки, сводим поставленную задачу к определению двух функций $\varphi(z)$ и $\psi(z)$, кусочно-голоморфных в области S с линией скачков Γ , и l функций $I_k(t)$, определенных на контурах γ_k ($k = 1, 2, \dots, l$) соответственно. Для нахождения этих функций получены граничные условия:

$$-\kappa\overline{\varphi(\sigma)} + \overline{\sigma\varphi'(\sigma)} + \psi(\sigma) = \Phi(\sigma) - iC_{1j}\overline{\sigma} + C_{2j} \text{ на } L_j \quad (1)$$

$$(j = 1, 2, \dots, m+1),$$

$$-\kappa\overline{\varphi^+(t)} + \overline{t\varphi'^+(t)} + \psi^+(t) = -\kappa\overline{\varphi^-(t)} + \overline{t\varphi'^-(t)} + \psi^-(t) + F(t) \text{ на } \Gamma, \quad (2)$$

$$\overline{\varphi^+(t)} + \overline{t\varphi'^+(t)} + \psi^+(t) = \overline{\varphi^-(t)} + \overline{t\varphi'^-(t)} + \psi^-(t) + F^0(t) \text{ на } \Gamma, \quad (3)$$

$$\overline{\varphi^-(t)} + \overline{t\varphi'^-(t)} + \psi^-(t) = P(t) \text{ на } \Gamma, \quad (4)$$

где $F(t)$ и $P(t)$ — неизвестные функции, принимающие на каждом контуре γ_k соответствующие значения

$$F_k(t) = -\frac{1}{2D(1-\nu)}I_k(t) + f_k^0(t),$$

$$P_k(t) = \frac{1}{4i} \int_{\gamma_k} J_k(t) d\bar{t} + \frac{1}{2i} C_{3k} + P_k^0(t).$$

Здесь

$$J_k(t) = I_k^*(t) \left(\frac{1}{C_k} + \frac{1}{A_k} \right) + \overline{I_k^*(t)} \left(\frac{1}{C_k} - \frac{1}{A_k} \right),$$

$$I_k^*(t) = t[I_k(t) - iV_{bk}^0(t - \bar{t}_0) + C_{4k}];$$

$\Phi(\sigma)$, $F^0(t)$, $f_k^0(t)$ и $P_k^0(t)$ — известные функции, зависящие от заданной внешней нагрузки; $t = \frac{ds}{ds}$, s — дуга контура γ_k ; t и

z — аффиксы точек на Γ и L , t_0 — аффикс точки $s=0$; C_{1j} , C_{2j} , C_{3k} — константы, определяющиеся из решения задачи; A_k и C_k — жесткости кольца на изгиб и кручение, ν — коэффициент Пуассона, D — цилиндрическая жесткость плиты, $\kappa = \frac{3+\nu}{1-\nu}$.

Вещественная постоянная V_{bk}'' и комплексная постоянная C_{4k} определяются из условий однозначности прогибов и деформаций кольца, имеющих вид

$$\int_{\Gamma_k} J_k(t) d\bar{t} = 0, \quad \operatorname{Im} \int_{\Gamma_k} t J_k(t) d\bar{t} = 0, \quad (k=1, 2, \dots, l).$$

Граничное условие (4) впервые было получено другим способом М. П. Шереметьевым [1].

При определении искомых функций по граничным условиям (1) — (4) следуем приему Д. И. Шермана [2]. Из (2) и (3) легко вывести, что

$$\begin{aligned} \varphi^+(t) - \varphi^-(t) &= -g(t) \quad \text{на } \Gamma, \\ \psi^+(t) - \psi^-(t) &= h(t) \quad \text{на } \Gamma, \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$g(t) = \frac{1}{\kappa+1} [\overline{F(t)} - F^\circ(t)],$$

$$h(t) = \overline{g(t)} + t\overline{g'(t)} + F^\circ(t), \quad g'(t) = \frac{dg(t)}{dt}.$$

Решая задачи линейного сопряжения (5), находим

$$\varphi(z) = \varphi^\circ(z) - \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{g(t) dt}{t-z}, \quad (6)$$

$$\psi(z) = \psi^\circ(z) + \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{h(t) dt}{t-z},$$

где $\varphi^\circ(z)$ и $\psi^\circ(z)$ — неизвестные функции, голоморфные во всей области S и подлежащие определению.

Подставляя функции (6) в (1), приходим к первой основной задаче изгиба плиты, ограниченной контуром L . Решая эту задачу, выражаем функции $\varphi^\circ(z)$ и $\psi^\circ(z)$, а затем и кусочно-голоморфные функции $\varphi(z)$ и $\psi(z)$ (6) через неизвестные функции $I_k(t)$ ($k=1, 2, \dots, l$). Для определения последних используем условие (4), в которое подставляем функции

$\varphi(z)$ и $\psi(z)$ и получаем l уравнений — по одному на каждом контуре γ_k ($k=1, 2, \dots, l$). Зная $I_k(t)$, определяем окончательно функции $\varphi(z)$ и $\psi(z)$. Задача решена.

Указанный выше алгоритм решения задачи остается таким же и при решении других основных задач изгиба плит, усиленных ребрами жесткости, а также при решении аналогичных задач плоской теории упругости. Интересно отметить, что для определения внутренних (изгибающего L_{nk} и крутящего $L_{\tau k}$) моментов в кольце γ_k нет надобности определять напряженное состояние плиты. Для этого достаточно найти функции $I_k^*(t)$, через которые указанные величины определяются по формуле

$$L_{\tau k} - iL_{nk} = I_k^*(t). \quad (7)$$

Те же моменты в кольце выражаются через прогиб w или через изгибающие (M_n и M_τ) и крутящие ($H_{n\tau}$) моменты в плите на γ_k по формуле

$$\begin{aligned} \frac{L_{nk}}{A_k} + i \frac{L_{\tau k}}{C_k} &= -\frac{1}{2} \left(\Delta w + 4t^2 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right) = \\ &= \frac{1}{D(1-\nu^2)} [M_\tau - \nu M_n + i(1+\nu)H_{n\tau}]. \end{aligned} \quad (8)$$

Принимая во внимание физический смысл левой части (8), заключаем, что правая часть этой формулы остается инвариантной при переходе через γ_k из одной области плиты в другую. Другими словами, имеет место равенство

$$\left[\frac{M_\tau - \nu M_n + i(1+\nu)H_{n\tau}}{D(1-\nu^2)} \right]^+ = \left[\frac{M_\tau - \nu M_n + i(1+\nu)H_{n\tau}}{D(1-\nu^2)} \right]^-, \quad (9)$$

из которого легко можно непосредственно вывести граничные условия (5). Формула (9), очевидно, сохраняет силу и при отсутствии кольца, т. е. для ступенчатых плит, для которых такой результат получен другим путем М. П. Шереметьевым [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. М. П. Шереметьев Украинский математический журнал, т. V, № 1, стр. 58 — 78, 1953.
2. Д. И. Шерман. ДАН СССР, т. XXVII, № 9 1940.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ТЕОРИИ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА НА ПОВЕРХНОСТЯХ

Мы будем придерживаться символики, приведенной нами в [1], а также используем определенные там понятия (поверхности, ковариантного равенства и др.) и терминологию.

1. На произвольной поверхности R рассмотрим поля следующих геометрических объектов: двух относительных инвариантов a и f , т. е. величин со следующим законом трансформации при замене $\tilde{z} = \tilde{z}(z)$ локального параметра z на $\tilde{z}$:

$$\tilde{a}(\tilde{z}) = J_{z/\tilde{z}} \cdot a(z(\tilde{z})), \quad \tilde{f}(\tilde{z}) = J_{z/\tilde{z}} \cdot f(z(\tilde{z})), \quad (1)$$

где $z = x^1 + ix^2$, $\tilde{z} = \tilde{x}^1 + i\tilde{x}^2$, а $J_{z/\tilde{z}}$ есть функциональный определитель замены; двувалентной контравариантной тензорной плотности a^{ij} :

$$\tilde{a}^{ij} = J_{z/\tilde{z}} \cdot a^{\kappa e} \frac{\partial \tilde{x}^i}{\partial x^\kappa} \frac{\partial \tilde{x}^j}{\partial x^e} \quad (2)$$

и „вектора“ a^i с законом трансформации:

$$\tilde{a}^i = J_{z/\tilde{z}} \cdot a^{\kappa l} \frac{\partial^2 \tilde{x}^i}{\partial x^\kappa \partial x^l} + J_{z/\tilde{z}} \cdot a^j \frac{\partial \tilde{x}^i}{\partial x^j}. \quad (3)$$

Можно проверить, что формула (3) обладает групповым свойством; этим же свойством, как известно, обладают и формулы (1), (2).

Под дифференциальным уравнением второго порядка на поверхности R будем понимать равенство:

$$a^{ij} \frac{\partial^2 u}{\partial x^i \partial x^j} + a^i \frac{\partial u}{\partial x^i} = au + f, \quad (4)$$

имеющее ковариантный характер, как это следует из формул (1), (2), (3). В частности, сопряженные квазигармонические функции u , u' удовлетворяют следующим уравнениям:

$$\begin{aligned} b^{js} \frac{\partial^2 u}{\partial x^j \partial x^s} + b^i \frac{\partial u}{\partial x^i} &= 0, \\ b'^{js} \frac{\partial^2 u'}{\partial x^s \partial x^j} + b'^i \frac{\partial u'}{\partial x^i} &= 0, \end{aligned} \quad (4')$$

¹ Все встречающиеся индексы принимают значения 1, 2.

где обозначено:

$$b^{js} = \frac{1}{2} (\tilde{b}^{js} + \tilde{b}^{sj}), \quad \tilde{b}^{js} = \epsilon^{ij} \alpha_i^s, \quad b^i = \epsilon^{sr} \frac{\partial \alpha_r^i}{\partial x^s},$$

$$b'^{js} = \frac{1}{2} (\tilde{b}'^{js} + \tilde{b}'^{sj}), \quad \tilde{b}'^{js} = \epsilon^{ij} \alpha_i'^s, \quad b'^i = \epsilon^{sr} \frac{\partial \alpha_r'^i}{\partial x^s}. \quad (5)$$

Здесь α'^j_i есть H -непрерывно дифференцируемое¹ тензорное поле, введенное в [1], а α^j_i — поле ему сопряженного тензора. Легко проверяется, что величины (5) имеют законом трансформации формулы (2) и (3). Все наши рассуждения относятся к случаю, когда величины (2) и (3) определены по формулам (5). Указанные ограничения вызваны, вероятно, скорее используемым методом, в основе которого лежат предложения, доказанные для квазигармонических функций (см. [1]), чем существом вопроса. Кроме того, всегда предполагается выполненным неравенство $a(P) \geq 0$, $P \in R$.

2. Пусть D — область на поверхности R , ограниченная конечным числом замкнутых кривых Жордана Γ_κ , $\kappa = 1, 2, \dots, n$, причем множество $D + \Gamma$ компактно на R . Функцией Грина $G(P, Q)$ уравнения (4) (при $f \equiv 0$) в области D будем называть функцию, определяемую следующими условиями: 1) $G(P, Q)$ есть решение (по P) уравнения (4) при $f \equiv 0$ в D ; 2) $G(P, Q) \equiv 0$ при $P \in \Gamma$, $Q \in D$, исключая конечное число точек $P \in \Gamma$, $\nu = 1, 2, \dots, q$; 3) $G(P, Q)$ непрерывна в D , исключая точку $P = Q$, где она обладает логарифмическим полюсом. Если построить (монотонное) исчерпание поверхности R ее компактными частями и определить принадлежащие этим последним функции Грина, то естественно можно прийти к понятию функции Грина всей поверхности R , совершив предельный переход.

Пусть γ — часть границы Γ области D . Регулярная квазигармоническая функция $\omega(P)$, $P \in D$, исчезающая (исключая конечное число точек) на $\Gamma - \gamma$ и равная (тоже исключая конечное число точек) единице на γ , называется квазигармонической мерой дуги γ относительно D в точке P . Вышеописанный предельный переход приводит нас к понятию квазигармонической меры „идеальной“ границы произвольной открытой поверхности R .

С помощью квазигармонической меры, существование которой (в области) доказывается альтернирующим методом Шварца, обоснованным для квазигармонических функций в [1], легко доказывается, что условия 1 — 3 однозначно определяют функцию Грина в области D . Единственность функции Грина, принадлежащей всей поверхности, устанавливается.

¹ Под H -непрерывностью мы понимаем непрерывность в смысле Гельдера.

дывается с помощью характеристического ее свойства: она есть наименьшая из всех неотрицательных решений уравнения (4), при $f \equiv 0$, достаточно гладких на всей поверхности, исключая точку $Q \in R$, где они имеют логарифмический полюс (ср. [2], а также [3], гл. IV).

Теорема 1. Для того, чтобы (открытая) поверхность R обладала (единственной) квазигармонической функцией Грина, необходимо и достаточно, чтобы поверхность имела идеальную границу положительной квазигармонической меры.

Ограничения на меру идеальной границы поверхности отпадают, если в уравнении (4) $a \neq 0$ на R . В этом случае справедлива следующая теорема:

Теорема 2. На всякой открытой поверхности R существует однозначно определенная функция Грина уравнения (4) (при $f \equiv 0$).

Доказательство проводится методом, обобщающим на рассматриваемый вид дифференциальных уравнений метод Мирберга (см. его статью [2]).

Как следствие из теоремы 2 получаем следующее утверждение:

Теорема 3. На всякой замкнутой поверхности существует неотрицательное решение $G(P, Q)$ уравнения (4) (при $f \equiv 0$) с полюсом в произвольной точке $Q \in R$, однозначно определяемое условиями:

1) $G(P, Q)$ на $R - Q$ непрерывна вместе с первыми и вторыми производными.

2) $G(P, Q)$ имеет в точке Q логарифмический полюс.

3. Имеет место следующая теорема:

Теорема 4. На произвольной поверхности R , обладающей идеальной границей положительной квазигармонической меры, существует частное решение u_0 уравнения (4).

Построение искомого решения проводится в два приема. Основываясь на теореме 2, строится неотрицательное решение u_1 уравнения (4), при $f \equiv 0$, следуя статье [4]; если же использовать некоторые факты из теории гильбертова пространства квазигармонических функций, рассмотренного нами в [1], то, следуя статье [5], можно построить частное решение уравнения (4) при $a \equiv 0$: $u_2(P)$. Тогда можно положить $u_0 = u_1 + u_2$. Очевидно, что общее решение уравнения (4) дается формулой $u = u_0 + h$, где h — произвольная регулярная квазигармоническая функция на поверхности.

В качестве приложения решим следующую задачу. Пусть на поверхности R задано H -непрерывно дифференцируемое ковариантное поле v_i , обладающее некоторыми вообще отличными от нуля ротором и дивергенцией в римановой метрике, определяемой положительно определенным метрическим тензором g_{ij} , заданным на R и H -непрерывно диф-

ференцируемым. Требуется разложить поле $v^i = g^{ij} v_j$, где тензор g^{ij} определяется из (однозначно разрешимой) системы $g^{is} g_{sj} = \delta^j_i$ (δ^j_i — символ Кронекера), на сумму трех полей u^i , $\tilde{u}^i$, u'^i , подчиненных следующим условиям:

$$u^i_{,i} = v^i_{,i}, \text{ rot } u_i = 0;$$

$$\tilde{u}^i_{,i} = 0, \text{ rot } \tilde{u}_i = \text{rot } v_i;$$

$$u'^i_{,i} = 0, \text{ rot } u'_i = 0,$$

где $u^i_{,i}$ означает упомянутую дивергенцию:

$$u^i_{,i} = \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial x^i} (\sqrt{g} g^{ij} u_j) = \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial x^i} (u^i \sqrt{g}).$$

Здесь $g > 0$ есть определитель тензора g_{ij} .

Теорема 5. Сформулированная задача, в условиях теоремы 4, всегда имеет H -непрерывно дифференцируемое разложение.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Данилюк И. И. О некоторых вопросах теории эллиптических систем дифференциальных уравнений первого порядка на поверхностях (в печати).
2. Myrberg L. Über die Existenz der breenschen Funktion der Gleichung $\Delta u = c(P)$. u auf Riemannschen Flächen, Ann. Acad. Scient. Fennicae, Helsinki, 1954.
3. Неванлинна. Униформизация, М. 1955.
4. Myrberg L. Über die Integration der Differentialgleichung $\Delta u = c(P)$. u auf offenen Riemannschen Flächen, Math. Scand., 2 (1954), 142 — 152.
5. Myrberg L. Über die Integration der Poissonschen Gleichung auf offenen Riemannschen Flächen, Ann. Acad. Scient. Fennicae, Helsinki, 1953.

А. Б. ДРАПКИН

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ИНВАРИАНТНЫЕ РЕШЕНИЯ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СЛУЧАЯ

В. И. Смирнов и С. Л. Соболев ввели понятие функционально-инвариантного решения волнового уравнения [1].

Функцию $W(x, y, z, t)$, являющуюся решением уравнения

$$\square W \equiv W_{xx} + W_{yy} + W_{zz} - W_{tt} = 0, \quad (1)$$

называют функционально-инвариантным решением этого уравнения в некоторой области D изменения действительных переменных x, y, z, t , если произвольная функция $f(W)$, дважды дифференцируемая вдоль совокупности значений W , соответствующих действительным x, y, z, t из области D , является также решением $\square W = 0$.

Н. П. Еругин [2] обобщил результаты Смирнова-Соболева на четырехмерный случай и дал общий вид функционально-инвариантного решения уравнения $\square W = 0$.

Обобщая понятие функционально-инвариантного решения, Я. Б. Лопатинский рассмотрел семейство решений волнового уравнения вида $U\Phi(V)$, где Φ — произвольная, нужное число раз дифференцируемая функция, а $U(x, y, z, t)$ и $V(x, y, z, t)$ подлежат определению, и нашел функции $U; V$ в конечном виде для случая трех измерений [3].

С помощью метода Я. Б. Лопатинского [3] для широкого класса случаев, охватывающих случай Н. П. Еругина, удается получить семейство решений $\square W = 0$ вышеуказанного вида $U\Phi(V)$ и определить функции $U; V$ в конечном виде для четырехмерного случая.

Задача нахождения функционально-инвариантных решений уравнения $\square W = 0$ сводится к интегрированию следующей системы уравнений:

$$U_{xx} + U_{yy} + U_{zz} - U_{tt} = 0, \quad (2)$$

$$U_x V_x + U_y V_y + U_z V_z - U_t V_t + \frac{1}{2} U(V_{xx}^2 + V_{yy}^2 + V_{zz}^2 - V_{tt}^2) = 0, \quad (3)$$

$$V_x^2 + V_y^2 + V_z^2 - V_t^2 = 0. \quad (4)$$

1. Интегрируя (4) методом Коши, получим:

$$\left. \begin{aligned} V &= \varphi(\alpha, \beta, \gamma) \\ (x - \alpha)V \sqrt{\varphi_\alpha^2 + \varphi_\beta^2 + \varphi_\gamma^2} + \varphi_\alpha t &= 0 \\ (y - \beta)V \sqrt{\varphi_\alpha^2 + \varphi_\beta^2 + \varphi_\gamma^2} + \varphi_\beta t &= 0 \\ (z - \gamma)V \sqrt{\varphi_\alpha^2 + \varphi_\beta^2 + \varphi_\gamma^2} + \varphi_\gamma t &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где α, β, γ — параметры, $V_x = \varphi_\alpha$; $V_y = \varphi_\beta$; $V_z = \varphi_\gamma$; $V_t = \sqrt{\varphi_\alpha^2 + \varphi_\beta^2 + \varphi_\gamma^2}$; $\varphi_\alpha^2 + \varphi_\beta^2 + \varphi_\gamma^2 \neq 0$ а φ — произвольная функция. Положив

$$V_x = V_t \sin \Theta \cos \omega; \quad V_y = V_t \sin \Theta \sin \omega; \quad V_z = V_t \cos \Theta, \quad (6)$$

имеем

$$\left. \begin{aligned} x - \alpha + t \sin \Theta \cos \omega &= 0 \\ y - \beta + t \sin \Theta \sin \omega &= 0 \\ z - \gamma + t \cos \Theta &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

При этом предполагается, что $V_t \neq 0$ и $\varphi_\alpha^2 + \varphi_\beta^2 \neq 0$. Случай $\varphi_\alpha^2 + \varphi_\beta^2 = 0$ рассмотрен в работе отдельно, причем и в этом случае функции U ; V определены в конечном виде.

Производные функций Θ и ω по x, y, z, t выражаются через производные от тех же функций по параметрам α, β, γ . Дифференцируя систему (7) полным образом, получим систему уравнений, определяющих $dx; d\beta; d\gamma$. Ее определитель Δ вычисляется непосредственно.

Учитывая условие полноты системы (6), которое в предположении, что $\Theta_x \sin \omega - \Theta_\beta \cos \omega = 0^*$ имеет вид

$$\omega_x \cos \Theta \cos \omega + \omega_\beta \cos \Theta \sin \omega - \omega_\gamma \sin \Theta = 0 \quad (8)$$

и положив

$$\left. \begin{aligned} \Theta_x \cos \Theta \cos \omega + \Theta_\beta \cos \Theta \sin \omega - \Theta_\gamma \sin \Theta &= \lambda \\ -\omega_x \sin \Theta \sin \omega + \omega_\beta \sin \Theta \cos \omega &= z \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

получим выражение определителя $\Delta(t)$.

$$\Delta = -1 + (\lambda^2 + z)t - \lambda z t^2. \quad (10)$$

От характера корней $\Delta(t)$ существенно зависит вид решения.

2. Пусть корни $\Delta(t)$ бесконечны, т.е. пусть $\lambda = z = 0$. Тогда из (8) и (9) с помощью (7) и учитывая зависимость функций Θ и ω имеем уравнения, определяющие V как функцию от x, y, z, t .

$$\left. \begin{aligned} x \sin \Theta \cos \omega + y \sin \Theta \sin \omega + z \cos \Theta + t &= f(\omega); \\ \Theta &= \phi(\omega); \quad V = \omega \end{aligned} \right\}, \quad (1.1)$$

где $f; \phi$ — произвольные функции V .

Легко подсчитать, что $\square \omega = 0$, и уравнение (3) принимает вид

$$U_x \sin \Theta \cos \omega + U_y \sin \Theta \sin \omega + U_z \cos \Theta - U_t = 0. \quad (3')$$

Общее решение (3') имеет вид

$$U = U[\omega; A(\omega, x, y); B(\omega, x, y, z)].$$

Вид функции $U(\omega, A, B)$ определяется из (2); оказывается, что

$$U = \frac{\varphi_1[A + iB \sin \Theta; \omega] + \varphi_2[A - iB \sin \Theta; \omega]}{A + B\psi'(\omega) - f'(\omega)}, \quad (1.2)$$

где φ_1 и φ_2 — произвольные аналитические функции.

$$A = -x \sin \Theta \sin \omega + y \sin \Theta \cos \omega;$$

* В этом предположении проведено все дальнейшее исследование.

$$B = x \cos \Theta \cos \omega + y \cos \Theta \sin \omega - z \sin \Theta.$$

Если же в частности

$$\varphi_1 = \frac{C(\omega)}{2i \sin \Theta} [i \sin \Theta + \psi'(\omega)] (A + iB \sin \Theta) - \frac{C(\omega)}{2} f'(\omega),$$

$$\varphi_2 = \frac{C(\omega)}{2i \sin \Theta} [i \sin \Theta - \psi'(\omega)] (A - iB \sin \Theta) - \frac{C(\omega)}{2} f'(\omega),$$

где $C(\omega)$ — произвольная функция, то $U = C(\omega)$ и мы получаем случай, рассмотренный Н. П. Еругиным [2].

3. Если корни $\Delta(t)$ конечны, т. е. если $\lambda \neq 0$, $\kappa \neq 0$; то принимая V, Θ, ω, t за новые независимые переменные (в области, где $\Delta \neq 0$ они независимы), получим

$$\square V = -\frac{V_t}{\Delta} (\lambda + \kappa - 2\lambda\kappa t). \quad (11)$$

Уравнение (3) сводится к обыкновенному уравнению и его общее решение таково:

$$U = \frac{f(V, \Theta, \omega)}{V^{\Delta}}, \quad (12)$$

где f — произвольная функция своих аргументов. В уравнении (2) переходим также к переменным V, Θ, ω, t (для этого вычисляем $\square \Theta$ и $\square \omega$).

4. Пусть корни $\Delta(t)$ не только конечны, но и различны ($\lambda \neq \kappa$); учитывая, что (2) есть тождество относительно t , получим $\lambda_0 = \kappa_0 = 0$.

На основании (5) и очевидных равенств $\Theta = \Theta$ и $\omega = \omega$ получаем дифференцированием шесть соотношений, определяющих $\alpha_0; \beta_0; \gamma_0$ и $\alpha_\omega; \beta_\omega; \gamma_\omega$, из которых, учитывая полностью системы (6), находим, что $\lambda_\omega = 0$ и получаем

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \Phi(V) \sin \Theta \cos \omega + \eta(V) \cos \omega + \chi(V) \\ \beta &= \Phi(V) \sin \Theta \sin \omega + \eta(V) \sin \omega + \psi(V) \\ \gamma &= \Phi(V) \cos \Theta + \xi(V) \\ \lambda &= \frac{1}{\Phi(V)} \\ \kappa &= \frac{\sin \Theta}{\Phi(V) \sin \Theta + \eta(V)} \end{aligned} \right\}, \quad (13)$$

где $\Phi(V); \chi(V); \psi(V); \xi(V); \eta(V)$ — произвольные функции. Из (7) и (13) имеем соотношение, определяющее $V(x, y, z, t)$:

$$(x - \chi - \eta \cos \omega)^2 + (y - \psi - \eta \sin \omega)^2 + (z - \xi)^2 - (t - \Phi)^2 = 0. \quad (11.1)$$

Интегрируя уравнение (2) и учитывая (12), получим

$$U = \frac{\varepsilon(V; \Theta) \sin \frac{\omega}{2} + \xi'(V; \Theta) \cos \frac{\omega}{2}}{(\chi' \sin \Theta \cos \omega + \psi' \sin \Theta \sin \omega + \eta' \sin \Theta + \xi' \cos \Theta + \Phi')} \sqrt{-1 + \frac{2\Phi \sin \Theta + \eta}{\Phi(\Phi \sin \Theta + \eta)} t - \frac{\sin \Theta}{\Phi(\Phi \sin \Theta + \eta)} t^2}, \quad (\text{II. } 2)$$

$\varepsilon(V; \Theta)$ и $\xi(V; \Theta)$ — произвольные функции.

5. Если же корни $\Delta(t)$ конечны и совпадают ($\lambda = \kappa$), то для α, β, γ получаем совершенно аналогично соотношение (13), причем $\lambda = \kappa = \frac{1}{\Phi(V)}$.

Аналогично предыдущему функция $V(x, y, z, t)$ определяется из соотношения

$$[x - \chi(V)]^2 + [y - \psi(V)]^2 + [z - \xi(V)]^2 - [t - \Phi(V)]^2 = 0. \quad (\text{III. } 1)$$

Интегрируя (2), получаем:

$$U = \frac{\varphi_1 \left(\omega + i \ln \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \right) + \varphi_2 \left(\omega - i \ln \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \right)}{(\chi' \sin \Theta \cos \omega + \psi' \sin \Theta \sin \omega + \eta' \sin \Theta + \xi' \cos \Theta + \Phi') (\Phi - t)i} \cdot \Phi, \quad (\text{III. } 2)$$

где φ_1 и φ_2 — произвольные функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Л. Соболев. Функционально-инвариантные решения волнового уравнения. Труды физ.-мат. и-та им. Стеклова, т. V, 1934.
2. Н. П. Еругин. О функционально-инвариантных решениях, ДАН, т. 42, 1944.
3. Я. Б. Лопатинский и Т. Ибадов. Об одном семействе решений волнового уравнения. Труды Аз. госуниверситета им. Кирова, т. V, 1945.

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕРЕНИИ ДЕФОРМАЦИЙ ТЕНЗОДАТЧИКАМИ С БОЛЬШОЙ БАЗОЙ

Для разрешения сложных актуальных технических задач по расчету деталей машин и элементов сооружений за последнее десятилетие стали широко внедрять для измерения деформаций проволочные тензометры омического сопротивления (тензодатчики) с различными базами.

Искажения в показаниях тензодатчиков, как известно, зависят от многих факторов—от дефекта в их изготовлении, от качества клея, способа наклеивания и наконец от самой базы датчика.

Все перечисленные факторы, кроме последнего, влияют на показания тензодатчика независимо от степени концентрации напряжений.

В соответствии с этим предлагается общий метод расчета для определения влияния базы тензодатчика при прочих равных данных на экспериментальное подтверждение теоретических результатов задач теории упругости в плитах и пластинках.

Так как тензодатчики могут быть размещены на плоскости плиты или пластины произвольно, то в общем случае рассмотрим подвижную систему координатных осей x' , y' , которые мы будем направлять соответственно параллельно направлению датчика и перпендикулярно к нему. Важно отметить, что показания датчиков, размещенных в радиальном и тангенциальном направлениях, фактически соответствуют величинам следующих интегралов:

$$\frac{1}{l} \int_r^{r+l} \varepsilon_{x'} dx' = \varepsilon_{x'}^0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{l} \int_{\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}+l} \varepsilon_{y'} dy' = \varepsilon_{y'}^0, \quad (2)$$

где $\varepsilon_{x'}$ и $\varepsilon_{y'}$ — относительные удлинения по направлениям осей x' , y' ; $\varepsilon_{x'}^0$ и $\varepsilon_{y'}^0$ — средние относительные деформации по длине базы датчика, соответственно размещенного по направлению оси ox' или oy' ; l — искомая база датчика; r — расстояние от начала координат до начальной точки тензодатчика.

Для определения теоретически средней деформации по длине базы датчика необходимо вычислить значения этих интегралов, для чего предлагается два способа. Первый, — когда заданная задача решена в напряжениях. В этом случае по закону Гука определяем компоненты деформации $\varepsilon_{x'}$ и $\varepsilon_{y'}$:

$$\varepsilon_{x'} = \frac{1}{E} (\sigma_{x'} - \mu \sigma_{y'}) \quad (3)$$

$$\varepsilon_{y'} = \frac{1}{E} (\sigma_{y'} - \mu \sigma_{x'}) \quad (4)$$

и затем, проинтегрировав их по длине базы тензодатчика, найдем величины интегралов $\varepsilon_{x'}^0$ и $\varepsilon_{y'}^0$. Второй способ — когда решение задачи дано в перемещениях. Тогда

$$\varepsilon_{x'} = \frac{\partial u}{\partial x'}$$

$$\varepsilon_{y'} = \frac{\partial v}{\partial y'}$$

где X' и Y' — независимые координаты.

u и v — компоненты перемещения точек по направлениям осей ox' и oy' .

Таким образом,

$$\varepsilon_{x'}^0 = \frac{1}{l} \int \frac{\partial u}{\partial x'} dx' = \frac{1}{l} (u_A - u_B). \quad (5)$$

Аналогично

$$\varepsilon_{y'}^0 = \frac{1}{l} \int \frac{\partial v}{\partial y'} dy' = \frac{1}{l} (v_C - v_D), \quad (6)$$

где u_A , u_B , v_C и v_D — перемещения крайних точек датчиков, соответственно размещенных в радиальном и тангенциальном направлениях.

Рассмотрим в качестве примера изгиб круглой пластинки, ослабленной отверстием в центре, нагруженной равномерно — распределенными изгибающими моментами по внешнему контуру.

Допустим, что решение задачи дано в напряжениях для нижней поверхности плиты в полярной системе координат в следующем виде [1]:

$$\sigma_r = -\frac{6M}{h^2(1-\beta^2)} \left(\frac{a^2}{r^2} - 1 \right),$$

$$\sigma_\theta = \frac{6M}{h^2(1-\beta^2)} \left(\frac{a^2}{r^2} + 1 \right),$$

где h — толщина пластинки, β — отношение радиуса отверстия к наружному радиусу пластинки, M — изгибающий

момент на единицу длины, $r = \rho a$ — радиус-вектор, a — радиус ослабленного отверстия.

На основании формул (3) и (4) найдем значения относительных удлинений в полярной системе координат. Приведем их в окончательном виде:

$$\varepsilon_r = -\frac{6M}{Eh^2(1-\beta^2)} A_r \quad (7)$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{6M}{Eh^2(1-\beta^2)} A_\theta, \quad (8)$$

где

$$A_r = \left[\left(\frac{a^2}{r^2} - 1 \right) + \mu \left(\frac{a^2}{r^2} + 1 \right) \right],$$

$$A_\theta = \left[\left(\frac{a^2}{r^2} + 1 \right) + \mu \left(\frac{a^2}{r^2} - 1 \right) \right],$$

μ — коэффициент Пуассона.

На основании формул (1) и (2) найдем значение интегралов

$$\varepsilon_r^0 = \frac{6M}{Eh^2(1-\beta^2)} A_r^0 \quad (9)$$

$$\varepsilon_\theta^0 = \frac{6M}{Eh^2(1-\beta^2)} A_\theta^0, \quad (10)$$

где

$$A_r^0 = \left[\frac{(n^2\lambda + n)(1-\mu) - \lambda(1+\mu)}{n(n\lambda + 1)} \right],$$

$$A_\theta^0 = \left[\frac{(4n^2\lambda^2 + 1)(1-\mu) + 4\lambda^2(1+\mu)}{(4n^2\lambda^2 + 1)} \right],$$

где

$$\lambda = \frac{a}{l}.$$

Для иллюстрации применения метода перемещений конечных точек датчика допустим, что решение этой задачи дано уравнением изогнутой поверхности плиты (2) с точностью до постоянной в следующем виде:

$$w = -\frac{c_1 r^2}{4} - c_2 \ln \frac{r}{b},$$

где

$$c_1 = \frac{2 b^2 M}{(1+\mu) D (b^2 - a^2)},$$

$$c_2 = \frac{a^2 b^2 M}{(1-\mu) D (b^2 - a^2)}.$$

Здесь $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$ — цилиндрическая жесткость пластинки при изгибе, $r = \sqrt{(x')^2 + (y')^2}$ — радиус-вектор, b — наружный радиус пластинки.

Из теории упругости известно, что $u = -\frac{h}{2} \frac{\partial w}{\partial x}$, а $v = -\frac{h}{2} \frac{\partial w}{\partial y}$. Следовательно:

$$u = \frac{6M}{Eh^2(1-\mu^2)} \left[r(1-\mu) + \frac{a^2(1+\mu)}{r} \right],$$

$$v = \frac{6M}{Eh^2(1-\mu^2)} \left[r(1-\mu) \operatorname{tg} \Theta + \frac{\sin 2\Theta(1+\mu)}{2r} \right],$$

где Θ — угол между осью ox' и произвольно взятой точкой на датчике.

Зная теперь значения u и v по формулам (5) и (6), найдем значения интегралов, а именно:

$$\varepsilon_{x'}^0 = \frac{6M}{Eh^2(1-\mu^2)} \left[\left(\frac{\lambda^2}{n\lambda+1} - \frac{\lambda}{n} \right) (\mu+1) + (1-\mu) \right], \quad (11)$$

$$\varepsilon_{y'}^0 = \frac{6M}{Eh^2(1-\mu^2)} \frac{\lambda}{n} [(1+\mu) \sin 2\varphi + 2n^2 \operatorname{tg} \varphi (1-\mu)], \quad (12)$$

где 2φ — угол обхвата датчика.

Нетрудно убедиться, как и следовало ожидать, что формулы (9) и (10) полностью совпадают с результатами (11) и (12).

Для определения влияния базы тензодатчика при прочих равных условиях на погрешность эксперимента служат следующие формулы:

$$\frac{A_r^0 - A_r}{A_r} 100 = m_r^0, \quad (13)$$

$$\frac{A_\theta^0 - A_\theta}{A_\theta} 100 = m_\theta^0, \quad (14)$$

где m_r и m_θ — величины погрешностей для датчиков наклеенных в радиальном и тангенциальном направлениях.

Так, например, для случая, когда тензодатчики размещены на контуре отверстия ($n=1$) при $\lambda=1$, тогда $m_r=108,3\%$, а $m_\theta=13\%$. При $\lambda=30$, $m_r=7\%$, а $m_\theta=0,0155\%$. Для случая, когда датчики расположены на расстоянии $r=2a$, т. е. $n=2$ при $\lambda=1$, $m_r=28,9\%$, а $m_\theta=0,07\%$.

Таким образом, расчетное показание тензодатчика выражается интегралом от соответствующей деформации по базе датчика или разностью составляющих перемещения конеч-

ных точек данного тензодатчика. Теоретически возможно также определить погрешность при постановке эксперимента в зависимости от соответствующей базы датчика, заданных размеров детали (модели) и от места расположения датчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Н. Савин. Концентрация напряжений около отверстий. Госиздат технико-теоретической литературы, 1951.
2. С. Л. Тимошенко. Пластинки и оболочки. Госиздат технико-теоретической литературы, 1948.

В. Я. СКОРОБОГАТЬКО

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК РАЗРЕШИМОСТИ ПЕРВОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ТИПА¹

Рассмотрим уравнение эллиптического типа

$$Lu = \sum_{k,l=1}^n a_{kl} \frac{\partial^2 u}{\partial x_k \partial x_l} + 2 \sum_{j=1}^n b_j \frac{\partial u}{\partial x_j} + cu = f. \quad (1)$$

В уравнении (1), a_{kl} , b_j , c , f — действительные функции аргументов, $x = (x_1, \dots, x_n) \in \bar{D}$. D — конечная область. Известно, что первая краевая задача для уравнений вида (1) не всегда разрешима в D (при $c > 0$), если даже данные функции и граница S области D достаточно гладкие.

Укажем один признак единственности решения первой краевой задачи при следующих предположениях относительно границы S , области D и данных функций:

1. Граница S может быть представлена в виде конечного числа таких ее частей S_j , что каждая точка границы S находится внутри одной из этих частей; каждая часть S_j может быть задана уравнением $x_k = f_k(x_1, \dots, x_{k-1}, x_{k+1}, \dots, x_n)$ (k — одно из чисел $1, \dots, n$), причем вторые производные f_k удовлетворяют условию Липшица (L).

2. Вторые производные коэффициентов a_{kl} , первые производные b_j и коэффициент c удовлетворяют условию (L); кроме того, четвертые производные коэффициентов a_{kl} и вторые производные коэффициентов b_j удовлетворяют условию (L) на границе S , $f \in (L)$; $u|_S = \varphi$, где φ — непрерывная функция.

¹ Результаты этой работы обобщают исследования автора, опубликованные в Украинском математическом журнале, № 1, 1955.

$$\sum_{j=1}^n B_j \cos(n, x_j) = 0,$$

Если в области $\bar{D}$ выполняется неравенство

$$I = \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} A_1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} A_n \\ A_1 & \cdots & A_n R \end{vmatrix} \geq 0, \quad (2)$$

$$A_l = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \frac{\partial a_{kl}}{\partial x_k} - b_l + B_l, \quad l = 1, \dots, n$$
$$R = \sum_{i=1}^n \frac{\partial B_i}{\partial x_i} = C,$$

Доказательство. Пусть $Lu=0$ и $u|_S=0$. Составим выражение

$$\int_D (n) \int u \left[\sum_{\kappa, l=1}^n a_{\kappa l} \frac{\partial^2 u}{\partial x_{\kappa} \partial x_l} + 2 \sum_{j=1}^n b_j \frac{\partial u}{\partial x_j} + \right. \\ \left. + \left(c_0 + \sum_{j=1}^n \frac{\partial B_j}{\partial x_j} \right) u \right] d\tau = 0, \quad (3)$$

$$c_0 = c - \sum_{j=1}^n \frac{\partial B_j}{\partial x_j}.$$

Интегрируя в (3) по частям члены вида $a_{kl} \frac{\partial^2 u}{\partial x_k \partial x_l}$ и $\frac{\partial B_j}{\partial x_j} u^2$, преобразуем это выражение к виду

$$\int_D (n) \int \left(\sum_{k,l=1}^n a_{kl} \frac{\partial u}{\partial x_k} \frac{\partial u}{\partial x_l} + 2u \sum_{j=1}^n A_j \frac{\partial u}{\partial x_j} - c_0 u^2 \right) d\tau = 0. \quad (4)$$

Интегрирование по частям членов $a_{kl} \frac{\partial^2 u}{\partial x_k \partial x_l}$ законно, так как из теорем Жиро [2] (стр. 181, 185) следует, что решение уравнения $Lu=0$, $u|_S=0$, дважды непрерывно дифференцируемое в D и непрерывное в $\bar{D}$, имеет также непрерывные первые производные в $\bar{D}$.

Далее, при помощи подстановки $\frac{\partial u}{\partial x_k} = w_k + p_k u$, $k = 1, \dots, n$ (p_k определяется из системы уравнений $\sum_{l=1}^n a_{kl} p_l = -B_k$, $k = 1, \dots, n$) выражение (4) преобразуется в

$$\int_D (n) \int \left[\sum_{k,l=1}^n a_{kl} \left(\frac{\partial u}{\partial x_k} - p_k u \right) \left(\frac{\partial u}{\partial x_l} - p_l u \right) + \frac{1}{\det A} u^2 \right] d\tau = 0; \quad A = \| a_{ij} \|_{i,j=1}^n. \quad (5)$$

Из формулы (5) уже легко усматривается справедливость леммы.

З а м е ч а н и е. На основании теоремы Жиро [2] (стр. 208) из единственности следует и существование решения первой краевой задачи. Итак, выполнение неравенства (2) является признаком не только единственности, но и разрешимости первой краевой задачи.

Неравенство (2) может быть мажорировано неравенством

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial B_j}{\partial x_j} > \frac{1}{2} \sum_{k,l=1}^n \frac{\partial^2 a_{kl}}{\partial x_k \partial x_l} - \sum_{l=1}^n \frac{\partial b_l}{\partial x_l} + c + N \left(\sum_{i=1}^n B_i^2 \right). \quad (6)$$

В формуле (6) $N = \max_{x \in D} (\max_{\varphi_1^2 + \dots + \varphi_n^2 = 1} \varphi' A^{-1} \varphi)$, $x \in D$, A^{-1} — матрица обратная к матрице $\| a_{ij} \|_{i,j=1}^n$.

$$\varphi = \|\varphi_1, \dots, \varphi_n\|, \quad \varphi' = \left\| \begin{array}{c} \varphi_1 \\ \vdots \\ \varphi_n \end{array} \right\|.$$

Если некоторая совокупность функций $B_1, \dots, B_n$ удовлетворяет неравенству (6), то эти функции также удовлетворяют и неравенству (2).

Положив $B_i = \frac{\omega_i}{N}$, приводим неравенство (6) к простому виду:

$$\frac{\partial \omega_1}{\partial x_1} + \dots + \frac{\partial \omega_n}{\partial x_n} > c^* + \omega_1^2 + \dots + \omega_n^2. \quad (7)$$

В формуле (7) $c^* = N \left(\frac{1}{2} \sum_{k,l=1}^n \frac{\partial^2 a_{kl}}{\partial x_k \partial x_l} - \sum_{l=1}^n \frac{\partial b_l}{\partial x_l} + c \right)$.

Введем понятие о внутреннем диаметре области, необходимое в дальнейшем. Обозначим через $r(x)$ расстояние от точки x до границы этой области. Величину $d = 2 \max_{x \in D} r(x)$, назовем внутренним диаметром области D .

Признак разрешимости (теорема о внутреннем диаметре).

Если $\frac{\pi^2}{d^2} > \max_{x \in D} c^*(x)$, то 1-я краевая задача, поставленная для уравнения (1), разрешима в области D .

Укажем основные моменты доказательства для двух аргументов. Построим такой полигон D' , содержащий D , чтобы его граница S' не касалась S и чтобы расстояние $\rho(y, S')$ от любой точки $y \in S$ до S' было достаточно мало. (Можно

считать $\rho(y, S') < \frac{\pi}{2\sqrt{\max_x c^*}} - \frac{d}{2}$ при $\max_x c^* > 0$ и $\rho(y, S') < \infty$ при $\max_x c^* \leq 0$).

Опишем из точки $x \in D'$ окружность $M'(x)$ радиусом $r'(x)$ ($r'(x)$ — расстояние от точки x до S').

Множество точек $x \in D'$, для которых окружности $M'(x)$ касаются S' более чем в одной точке, является кусочно непрерывной кривой.

Отметим, что никакая кривая $\delta \subset \mathfrak{M}'$ не может ограничивать в D' область, гомеоморфную кругу. Кривую $\mathfrak{M}'$ назовем биссектрисой полигона D' . Радиусы окружностей $M'(x)$ при $x \in \mathfrak{M}'$, содержащие точки S' , образуют в D поле α , которое имеет разрывы только на $\mathfrak{M}'$. Обозначим через $\bar{D}_i$ замыкание области, состоящей из всех точек, расстояния от которых до звена $l_i \in S'$ совпадают с расстоянием от этих точек до S' .

Все точки x , для которых вершина O_i ломаной S' является ближайшей точкой, принадлежащей S' , образуют

область D_{o_i} (звенья S' , выходящие из O_i , образуют со стороны D' угол $\lambda_i > \pi$). Нетрудно доказать, что $\bar{D}'$ составляется из замыканий вида $\bar{D}_{l_i}$ и D_{o_i} .

В каждой области D_{o_i} и D_{l_i} переходим к новым координатам t, σ . Величина t в D_{l_i} означает расстояние от точки x до звена l_i ломаной S' , в D_{o_i} — расстояние от точки x до вершины O_i . Величины σ в D_{l_i} отсчитываются вдоль l_i от некоторой точки, положение которой несущественно, а в D_{o_i} σ — длины дуг концентрического семейства окружностей с центром O_i . Отсчет дуг σ производится от какого-либо луча, исходящего из вершины O_i ломаной S' . Ищем функции ω_i , удовлетворяющие неравенству (7) в виде $\omega_i = \omega \cos(t, x_i)$, где (t, x_i) — угол между направлением поля α в точке x и осью ox_i . Неравенство (7) тогда записывается в виде

$$\frac{d\omega}{dt} + \omega \frac{d}{dt} \ln \frac{\partial(x_1, x_2)}{\partial(t, \sigma)} > c^* + \omega^2. \quad (8)$$

Производная $\frac{d}{dt} \ln \frac{\partial(x_1, x_2)}{\partial(t, \sigma)} = 0$, так как якобиан $\frac{\partial(x_1, x_2)}{\partial(t, \sigma)} = \text{const.}$

Полагаем $\omega = \frac{\pi}{2r''(x)} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2r''(x)} t$, где $r''(x)$ — длина радиуса той окружности $M'(y)$, $y \in \mathfrak{M}'$, один из радиусов которой содержит точку x и принадлежит полю α .

В результате подстановки так выбранной функции ω в (8) получаем, что $\frac{\pi^2}{4r''^2(x)} > c^*(x)$, так как, согласно условию теоремы, даже $\frac{\pi^2}{a^2} > \max_x c^*(x)$. Отметим еще, что при интегрировании по частям выражения

$$\iint_D \left[\frac{\partial}{\partial x_1} \omega \cos(t, x_1) + \frac{\partial}{\partial x_2} \omega \cos(t, x_2) \right] u^2 d\sigma$$

интеграл, взятый по биссектрисе $\mathfrak{M}'$, обращается в нуль (за счет $\omega \equiv 0$ на $\mathfrak{M}'$). Итак, подобраны функции ω_i , удовлетворяющие неравенству (7) в области $\bar{D}$.

Отсюда уже следует, на основании леммы и замечания к ней, разрешимость 1-ой краевой задачи в области D . Теорема верна и для n -аргументов.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Г. Петровский. Лекции об уравнениях с частными производными, стр. 284—287, 1950.
2. Ж. Жиро (G. Giraud). Sur le problème de Dirichlet généralisé. Annales scientifiques de l'Ecole normale supérieure. 46, p. 131—245, 1929.

О КОНФОРМНОМ ОТОБРАЖЕНИИ БЛИЗКИХ ОБЛАСТЕЙ

1. ОДНОСВЯЗНЫЕ ОБЛАСТИ

1. К р у г. Пусть функция $w = f(z)$, $f(0) = 0$, $f'(0) > 0$ конформно отображает круг $|z| < 1$ на „почти-круг“ D , ограниченный кривой $\Gamma: \rho = e^{\psi(\theta)}$. Применяя формулу Шварца к функции $F(z) = \ln \frac{f(z)}{z}$, получаем:

$$\ln \frac{f(z)}{z} = -\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \Psi[\Theta(t)] \frac{e^{it} + re^{i\varphi}}{e^{it} - re^{i\varphi}} dt + iC. \quad (1)$$

Отделяя действительную и мнимую части, совершая предельный переход $r \rightarrow 1$ и беря $C = 0$, получаем:

$$\Theta(\varphi) - \varphi = -\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \Psi[\Theta(t)] \operatorname{ctg} \frac{t-\varphi}{2} dt, \quad (2)$$

$$\Psi[\Theta(\varphi)] - \Psi_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta(t) - t] \operatorname{ctg} \frac{t-\varphi}{2} dt, \quad (3)$$

где интеграл (2) — сингулярный. Если функция $f(z)$ неизвестна, то нелинейное сингулярное интегральное уравнение (2), выведенное Теодорсеном и Гарриком (3), служит для определения $\Theta(\varphi)$, следовательно и $f(z)$. Оно решается по методу последовательных приближений (4).

Если уравнение Γ имеет вид $\rho = 1 - \delta(\theta)$, где $|\delta(\theta)| < \varepsilon$, $|\delta'(\theta)| < \varepsilon$, $|\delta''(\theta)| < \varepsilon$, то

$$W(z) = z \left\{ 1 - \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1 + re^{-it}}{1 - ze^{-it}} \delta(t) dt \right\} + O(\varepsilon^2). \quad (4)$$

Эта формула, полученная М. А. Лаврентьевым [1] методом локальных вариаций, следует также из (1), если там положить $\Theta(\varphi) = \varphi$, $\psi(\theta) = -\delta(\theta)$, что соответствует первому приближению в решении (2) по методу последовательных приближений.

1.2 Полуплоскость. Аналогично если $w = f(z)$, $f(\infty) = \infty$ отображает полуплоскость $Im z > 0$ на „почти-полукруглость“ D , ограниченную кривой $\Gamma: v = v(u)$, $|v(u)| < \varepsilon$, $|v'(u)| < \varepsilon$, $|v''(u)| < \varepsilon$, то, применяя форму Шварца

$$F(z) = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} Re F(t) \frac{dt}{t-z}, \quad (1)$$

к функции $F(z) = i[f(z) - z]$, отделяя действительную и мнимую части и совершая предельный переход $y \rightarrow 0$, получаем

$$U(x) - x = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} v[u(t)] \frac{dt}{t-x}, \quad (2)$$

где интеграл в (2) — сингулярный, существующий при известных ограничениях на $v(u)$. Нелинейное сингулярное уравнение (2) служит для определения $u(x)$, следовательно и $f(z)$; оно также решается по методу последовательных приближений.

Если уравнение Γ имеет вид $y = y(u)$, где $|y(u)| < \varepsilon$, $|y'(u)| < \varepsilon$, $|y''(u)| < \varepsilon$, то, по М. А. Лаврентьеву [1],

$$W(t) = z + \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{y(t)}{z-t} dt + O(\varepsilon^2). \quad (3)$$

Эта формула также следует из (1), если положить $u(x) = x$, $v(u) = y(u)$, что соответствует первому приближению в решении (2) по методу последовательных приближений.

1.3 Полоса. Аналогично, если $w = f(z)$, $Re f(\pm \infty) = \pm \infty$ отображает полосу $0 \leq Im z \leq 1$ на „почти-полосу“ D , ограниченную кривыми $\Gamma_i: v_i = v_i(u_i)$, $|v_i(u_i)| < \varepsilon$, $|v_2(u_2) - 1| < \varepsilon$, $|v_i'(u_i)| < \varepsilon$, $|v_i''(u_i)| < \varepsilon$ ($i = 1, 2$), то, применяя формулу Шварца

$$f(z) = -\frac{1}{2i} \int_{-\infty}^{+\infty} u_1(t) \operatorname{cth} \frac{\pi(z-t)}{2} dt + \frac{1}{2i} \int_{-\infty}^{+\infty} u_2(t) \operatorname{th} \frac{\pi(z-t)}{2} dt \quad (1)$$

к функции $F(z) = i[f(z) - z]$, получаем

$$\begin{aligned} f(z) - z = & \frac{1}{2i} \int_{-\infty}^{+\infty} Re F(t) \operatorname{cth} \frac{\pi(z-t)}{2} dt + \\ & + \frac{1}{2i} \int_{-\infty}^{+\infty} Re F(t) \operatorname{th} \frac{\pi(z-t)}{2} dt. \end{aligned} \quad (2)$$

Отделяя действительную и мнимую части и совершая предельный переход при $y \rightarrow 0$, $y \rightarrow 1$, получаем

$$u_1(x) - x = -\frac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} v_1[u_1(t)] \operatorname{cth} \frac{\pi(x-t)}{2} dt + \\ + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} v_2[u_2(t)] \operatorname{th} \frac{\pi(x-t)}{2} dt, \quad (3)$$

$$u_2(x) - x = -\frac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} v_1[u_1(t)] \operatorname{th} \frac{\pi(x-t)}{2} dt + \\ + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} v_2[u_2(t)] \operatorname{cth} \frac{\pi(x-t)}{2} dt,$$

где интегралы в (3) — сингулярные, существующие при соответствующих ограничениях на $v_i(u_i)$ ($i=1,2$). Они также могут служить для определения $u_1(x)$, $u_2(x)$, следовательно, и $f(z)$.

II. ДВУСВЯЗНЫЕ ОБЛАСТИ

2.1 Кольцо. Если функция $w=f(z)$ отображает круговое кольцо $h < |z| < 1$ на „почти-круговое кольцо“ D , ограниченное $\Gamma_1: \rho_1 = e^{\psi_1(\theta)}$ и $\Gamma_2: \rho_2 = h e^{\psi_2(\theta)}$, то, предполагая выполненным условие

$$\int_0^{2\pi} \psi_1[\Theta_1(s)] ds = \int_0^{2\pi} \psi_2[\Theta_2(s)] ds,$$

где $\Theta_1(s)$, $\Theta_2(s)$ определены из соответствия границ, и применяя формулу Вилля (см. [2], стр. 226, где $\omega = \pi$, ω' определяется через h по формуле $h = e^{i\pi \frac{\omega'}{\omega}}$), имеем

$$F(z) = 1 \frac{f(z)}{z} = \frac{i}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_1[\Theta_1(s)] \zeta(-i \ln z - s) ds - \\ - \frac{i}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_2[\Theta_2(s)] \zeta(-i \ln z - s - \omega') ds + iC. \quad (1)$$

Отделяя действительную и мнимую части и совершая предельный переход $r \rightarrow 1$, получаем:

$$\begin{aligned}\Theta_1(\varphi) - \varphi &= -\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_1[\Theta_1(s)] \zeta(\varphi - s) ds - \\ &- \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_2[\Theta_2(s)] \zeta[(\varphi - s) + \omega'] ds + C,\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}\psi_1[\Theta_1(\varphi)] - \psi_{01} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta_1(s) - s] \zeta(\varphi - s) ds - \\ &- \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta_2(s) - s] \zeta[(\varphi - s) + \omega'] ds,\end{aligned}\quad (3)$$

или

$$\begin{aligned}\Theta_1(\varphi) - \varphi &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_1[\Theta_1(s)] Z_1(\varphi - s) ds - \\ &- \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_2[\Theta_2(s)] Z(\varphi - s) ds,\end{aligned}\quad (2')$$

$$\begin{aligned}\psi_1[\Theta_1(\varphi)] - \psi_{01} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta_1(s) - s] Z_1(\varphi - s) ds - \\ &- \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta_2(s) - s] Z(\varphi - s) ds,\end{aligned}\quad (3')$$

где

$$Z_1(\varphi - s) = \zeta(\varphi - s) - \frac{\eta}{\pi}(\varphi - s),$$

$$Z(\varphi - s) = \zeta[(\varphi - s) + \omega'] - \frac{\eta}{\pi}(\varphi - s) - \eta'$$

известные функции Якоби и постоянная C выбрана так, что

$$C = \frac{\eta}{\pi^2} \int_0^{2\pi} [\psi_1[\Theta_1(s)] - \psi_2[\Theta_2(s)]] s ds,$$

и при $r \rightarrow h$ получаем аналогичные уравнения для 2-го контура

$$\begin{aligned}\Theta_2(\varphi) - \varphi &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_1[\Theta_1(s)] \zeta(\varphi - s - \omega') ds - \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_2[\Theta_2(s)] \zeta(\varphi - s) ds,\end{aligned}\quad (4)$$

$$\begin{aligned}\psi_2[\Theta_2(\varphi)] - \psi_{02} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta_1(s) - s] \zeta(\varphi - s - \omega') ds - \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta_2(s) - s] \zeta(\varphi - s) ds,\end{aligned}\quad (5)$$

или

$$\begin{aligned}\Theta_2(\varphi) - \varphi &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_1[\Theta_1(s)] Z(\varphi - s) ds - \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \psi_2[\Theta_2(s)] Z_1(\varphi - s) ds,\end{aligned}\quad (4')$$

$$\begin{aligned}\psi_2[\Theta_2(\varphi)] - \psi_{02} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta_1(s) - s] Z(\varphi - s) ds - \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [\Theta_2(s) - s] Z_1(\varphi - s) ds.\end{aligned}\quad (5')$$

Если отображающая функция неизвестна, то (2), (4) или (2'), (4') представляют систему двух нелинейных сингулярных интегральных уравнений, позволяющих определить $\Theta_1(\varphi)$, $\Theta_2(\varphi)$, а следовательно, и отображающую функцию $f(z)$.

Если уравнения контуров Γ_1 , Γ_2 , имеют вид:

$$\rho_1 = 1 - \bar{\partial}_1(\Theta), \quad \rho_2 = h [1 + \bar{\partial}_2(\Theta)],$$

где

$$|\bar{\partial}_i(\Theta)| < \varepsilon, \quad |\bar{\partial}_i'(\Theta)| < \varepsilon, \quad |\bar{\partial}_i''(\Theta)| < \varepsilon,$$

то из формулы Вилля получаем

$$W = z \left\{ 1 - \frac{i}{\pi} \int_0^{2\pi} Z_1 [-i \ln z - s] \delta_1(s) ds - \right. \\ \left. - \frac{i}{\pi} \int_0^{2\pi} Z(i \ln z + s) \delta_2(s) ds \right\} + O(\varepsilon^2), \quad (6)$$

что представляет обобщение формулы М. А. Лаврентьева для кольца.

Эта формула может быть также получена методом локальных вариаций. Для получения ее поступаем следующим образом. Пусть локальная вариация представляет собой малую выброшенную луночку (двуугольник) с одной из вершин в точке $e^{i\varphi}$. Тогда при помощи вспомогательных конформных отображений переводим кольцо $\frac{1}{\mu} < |z| < 1$ на верхнюю полуплоскость с выброшенной луночкой и, используя формулу Лаврентьева, отображаем ее на верхнюю полуплоскость, а затем на кольцо $\frac{1}{\mu_1} < |w| < 1$. Тогда получаем следующую вариационную формулу:

$$w = z \left\{ 1 + i\sigma' \frac{\pi}{K} Z_1 \left(-i \frac{K}{\pi} \ln z - \frac{K}{\pi} \varphi \right) \right\} + O(\varepsilon^2), \quad (7)$$

где $\sigma' = \frac{K^2}{\pi^2} \sigma_z$. При этом для модуля μ_1 имеет место следующее соотношение

$$\mu_1 = \mu \left(1 - \frac{\sigma_z}{2\pi} \right).$$

Если одна из вершин луночки находится в точке $\frac{1}{\mu} e^{i\varphi}$, то аналогично получаем

$$w = z \left\{ 1 - i\sigma' \mu^2 \frac{\pi}{K} \left[Z \left(i \frac{K}{\pi} \ln z + \frac{K}{\pi} \varphi \right) + \frac{i\pi}{2K} \right] \right\} + O(\varepsilon^2)$$

и

$$\mu_1 = \mu \left(1 - \frac{\mu^2}{2\pi} \sigma_z \right).$$

Представляя σ_z в виде $\int_0^{2\pi} \delta(s) ds$ и производя формальное интегрирование по обеим окружностям, получаем указанную

выше вариационную формулу для „почти-кругового“ кольца с контурами $\rho_1 = 1 - \delta_1(\theta)$, $\rho_2 = \frac{1}{\mu} [1 + \delta_2(\theta)]$ (проверка — как в односвязном случае).

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Лаврентьев. Конформные отображения, Гостехиздат, 1946.
2. Н. И. Ахиезер. Элементы теории эллиптических функций, Гостехиздат, 1948.
3. T. Theodorsen and Garrick. General potential theory of arbitrary wing sections, NACA Rep, № 452, 1933.
4. S. E. Warschawski. On Theodorsen's method of conformal mapping of nearly circular regions, Quart of Appl. Math. 3, № 1, 1945.

Г. В. СИРЫК

ОБ ОДНОМ ПРИБЛИЖЕННОМ МЕТОДЕ КОНФОРМНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

1. Рассматривается конформное отображение круга $|z| < 1$ на область D в z' плоскости, ограниченную звездным контуром C :

$$z' = ae^{\psi + i\theta}, \quad a > 0. \quad (1)$$

Звездный контур C , заданный уравнением $\psi(\theta)$, называется почти-окружностью или почти-круговым контуром, если выполняются следующие условия:

$$|\psi(\theta)| < \varepsilon, \quad |\psi'(\theta)| < \varepsilon, \quad (2)$$

где $0 < \varepsilon < 1$. Область I , ограниченная контуром C , называется „почти-кругом“.

Для определения функции

$$z' = f(z), \quad f(0) = 0, \quad f'(0) > 0,$$

отображающей круг $|z| < 1$ на область D , ее представляют в виде

$$\ln \frac{f(z)}{z} \sum_{v=0}^{\infty} (a_v + ib_v) z^v = \psi(r, \varphi) + i\theta(r, \varphi) \quad (3)$$

и определяют

$$\Theta(1, \varphi) = \Theta(\varphi), \quad \psi(1, \varphi) = \tilde{\psi}(\varphi) = \psi[\Theta(\varphi)].$$

Определение $\Theta(\varphi)$ приводится к решению следующего нелинейного сингулярного интегрального уравнения;

$$\Theta(\varphi) = \varphi + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{\psi[\Theta(t)] - \psi[\Theta(\varphi)]\} \operatorname{ctg} \frac{t-\varphi}{2} dt. \quad (4)$$

Как показал Варшавский [3], уравнение (4) имеет единственное непрерывное решение, которое находится методом последовательных приближений:

$$\begin{aligned} \Theta_0(\varphi) &= \varphi, \quad \Theta_n(\varphi) = \varphi + \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \{\psi[\Theta(t)] - \psi[\Theta(\varphi)]\} \operatorname{ctg} \frac{t-\varphi}{2} dt, \\ (n &= 1, 2, \dots) \end{aligned} \quad (5)$$

и имеют место следующие утверждения:

I. Если C — почти-круговой контур и $\Theta_n(\varphi)$, $\Theta(\varphi)$ определены соответственно из (5) и (4), то

$$|\Theta_n(\varphi) - \Theta(\varphi)| \leq 2 \left(\frac{\pi^2}{1-\varepsilon^2} \right)^{\frac{1}{2}} \varepsilon^{\frac{n+2}{2}}. \quad (6)$$

II. Если C — почти-круговой контур и выполняется условие

$$|\psi'(\Theta_2) - \psi'(\Theta_1)| \leq \varepsilon |\Theta_2 - \Theta_1|, \quad (7)$$

то

$$|\Theta_n(\varphi) - \Theta(\varphi)| \leq (2\pi A(n+1))^{\frac{1}{2}} \varepsilon^{n+1}, \quad (8)$$

где $A = 4^{\frac{1}{2}} e^{\frac{1}{2}}$.

III. Если C — почти-круговой контур и, кроме условия (7), выполняется условие

$$|\psi''(\Theta_2) - \psi''(\Theta_1)| \leq \varepsilon |\Theta_2 - \Theta_1|, \quad (9)$$

то

$$|\Theta'_n(\varphi) - \Theta'(\varphi)| \leq \sqrt{2\pi \varepsilon_n} (A(n+1))^{\frac{3}{2}} \varepsilon^{n+1}, \quad (10)$$

где

$$\varepsilon_1 = 1 + \varepsilon, \quad \varepsilon_n = (1 + \varepsilon) \prod_{k=2}^n (1 + \varepsilon^k \sqrt{2\pi A k}).$$

Далее, если $\varepsilon < 0,295$, то функция

$$z' = F_n(z), \quad F_n(0) = 0, \quad F'_n(0) > 0,$$

отображает круг $|z| < 1$ на „почти-круг“, ограниченный контуром C_n :

$$z' = F_n(e^{i\varphi}), \quad \ln F_n(e^{i\varphi}) = \tilde{\psi}(\varphi) + i[\Theta_n(\varphi) - \varphi].$$

2. Пусть теперь контур C разбит на части C_k ($k=1, 2$) с центральными углами α_k и условия (2), (7), (9), выполняются на C_k с постоянными ε_k ($\varepsilon_1 \geq \varepsilon_2$), и пусть $\tilde{C}_{nk} = F_n^{-1}(C_k)$, $\tilde{C}_k = F^{-1}(C_k)$ и $\tilde{\alpha}_{nk}$, α_k соответствующие центральные углы на окружности $|z| < 1$. Тогда $\tilde{C}_{nk} \rightarrow \tilde{C}_k$ и, если C_k^* означает пересечение всех дуг $\tilde{C}_{nk}$, $\tilde{C}_k$, а α_k^* — соответствующий центральный угол, то, как нетрудно подсчитать (см. [1], лемма на стр. 307),

$$|\alpha_k^* - \alpha_k| < 8\varepsilon_1.$$

Пользуясь методом Варшавского, получаем в этом случае следующие дифференцированные оценки:

$$I \quad |\Theta_n(\varphi) - \Theta(\varphi)| \leq 2^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 \beta_k \varepsilon_k^{2(n+1)} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 \frac{\beta_k \varepsilon_k^2}{1 - \varepsilon_k^2} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (6')$$

$$II \quad |\Theta'_n(\varphi) - \Theta'(\varphi)| \leq (n+1)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 \beta_k \varepsilon_k^{2(n+1)} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 A_k^2 \beta_k \varepsilon_k^{2(n+1)} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (8')$$

$$III \quad |\Theta'_n(\varphi) - \Theta'(\varphi)| \leq (n+1)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 A_k^2 \beta_k \varepsilon_k^{2(n+1)} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 A_k^2 \sigma_{nk} \beta_k \varepsilon_k^{2(n+1)} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (10')$$

где A_k — абсолютные постоянные, $\sigma_{1k} = 1 + \varepsilon_k$,

$$\sigma_{nk} = (1 + \varepsilon_k) \prod_{m=2}^n (1 + \varepsilon_k^m / \sqrt{\beta_k A_k m})$$

и $\beta_k = \alpha_k + (-1)^k 8\varepsilon_1$ — дуги, из которых β_1 содержит $\tilde{C}_{n1}$ и $\tilde{C}_1$, и β_2 содержится в $\tilde{C}_{n2}$ и $\tilde{C}_2$.

Кроме того, получаем следующие оценки для отображающей функции:

$$I \quad |F_n(e^{i\varphi}) - F(e^{i\varphi})| \leq 2^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 \beta_k \varepsilon_k^{2(n+1)} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 \frac{\beta_k \varepsilon_k^2}{1 - \varepsilon_k^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 + \varepsilon_k)^2 \quad \text{на } \beta_k.$$

$$II \quad |F_n(e^{i\varphi}) - F(e^{i\varphi})| \leq (n+1)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 \beta_k \varepsilon_k^{2(n+1)} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{k=1}^2 A_k^2 \beta_k \varepsilon_k^{2(n+1)} \right)^{\frac{1}{2}} (1 + \varepsilon_k)^2 \quad \text{на } \beta_k.$$

Отсюда, пользуясь теоремой о двух постоянных, получаем:

$$|F_n(z) - F(z)| \leq M_1 \omega_1(z, C_1^*) M_2 \omega_1(z, C_1^*),$$

где $\omega_k(z, C_1^*)$ ($k=1, 2$) означает гармоническую меру дуги β_k , измеренную в точке z относительно круга $|z| < 1$ и M_k означает правую часть в предыдущих оценках I, II.

3. В работе [2] рассматривается случай, когда отклонение контура S от окружности имеет в основном локальный характер, вызываемый слагаемым вида

$$\varepsilon_1 \left(\frac{1 + \cos \theta}{2} \right)^n, \quad (11)$$

которое называется „горкой“.

Теоретическое обоснование расчетов Я. М. Серебрянского [2], приведенных им с помощью рядов, входящих в (3), легко получается с помощью результатов Варшавского. Что касается оценок приближений, то их лучше находить по указанным выше дифференцированным оценкам, учитывая ε_k . При этом, если заданы $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$ и n , причем

$$\frac{1}{2^n} < \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} < 1, \quad (12)$$

то из (11) следует, что α_1 определяется из соотношения

$$\varepsilon_1 \left(\frac{1 + \cos \frac{\alpha_1}{2}}{2} \right)^n = \varepsilon_2$$

или

$$\cos \frac{\alpha_1}{2} = 2 \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1,$$

т. е.

$$\alpha_1 = \arccos \left[2 \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]. \quad (13)$$

Так, например, если $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{1}{16}$ и $n = 10$, то по формуле (13) имеем $\alpha_1 = 120^\circ$; если $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{1}{150}$, $n = 80$, то $\alpha_1 = 60^\circ$. Этот подсчет можно проводить по таблице 2 в [2].

Оценками (6), (8), (10) удобно пользоваться при малых $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$ и больших n . В этом случае оценки для приближений на S_1 выражаются в терминах ε_1 и n , а на оставшейся части контура имеют место оценки (6), (8), (10).

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Лаврентьев и Б. В. Шабад. Методы теории функций комплексного переменного, М—Л, 1951.
2. Я. М. Серебрянский. Обтекание крыловых профилей произвольной формы, Инж. сборник, т. III, вып. I, 1946.
3. S. E. Warschawski. On Theodorsen's method of konformal mapping of nearly circular regions, Quart. of Appl. Math. 3, № 1, 1945, 12—28.

ОБ ОДНОМ ВПОЛНЕ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИНЕЙНОМ ОПЕРАТОРЕ

В книге Ф. Рисса „Лекции по функциональному анализу“ проводится доказательство полной непрерывности оператора $L\psi = M_t(a(x-t) \cdot \psi(t))$, где $a(x)$ — некоторая почти-периодическая (п.п.) по Бору функция.

Между тем, из общей теоремы Люстерника (I) о компактности семейства п. п. функций легко вывести полную непрерывность более общего оператора: $L\psi = M_t\{K(x, t)\psi(t)\}$, где $K(x, t)$ — п. п. функция двух аргументов в смысле Бора. В самом деле, теорема Люстерника гласит, что для компактности семейства п. п. функций необходимо и достаточно выполнение следующих условий: а) семейство равномерно ограничено, б) семейство равномерно непрерывно, в) семейство равномерно почти-периодично (т. е. при любом ε существует общее всем функциям семейства относительно плотное множество ε почти-периодов).

Обозначая $\varphi(x) = M_t\{K(x, t)\psi(t)\}$, получаем: $|\varphi(x+a) - \varphi(x)| \leq \sup |K(x+a, t) - K(x, t)| \cdot \|\psi\|$; $|\varphi(x)| \leq \sup |K(x, t)| \cdot \|\psi\|$, откуда следует, что все три условия теоремы Люстерника выполнены. При этом $\|\psi\|$ здесь может рассма-

триваться либо как $\sup |\psi|$, либо как $\lim_{T \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} |\psi(x)|^p dx \right\}^{\frac{1}{p}}$

в пространстве L_p ($p \geq 1$). Можно показать, что все сказанное остается в силе, если предположить только, что $\|K(x, s)\|_s$ — есть п. п. функция Бора, как для x^a . Опираясь на известные результаты А. С. Кованько о компактности семейств обобщенных п. п. функций (2), (3), (4), легко показать полную непрерывность соответствующих операторов в пространствах п. п. функций Вейля, Степанова и Безикевича.

Отсюда для случая симметрического ядра $K(x, s)$ из общих теорем легко выводятся основные факты теории интегральных уравнений в средних значениях, т. е., когда вместо интеграла стоит среднее значение: $M_s(K(x, s) \cdot \psi(s))$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. М. Левитан. Почтипериодические функции, Гостехиздат, 1953.
2. О. С. Кованько. Про компактність систем узагальнених майже періодичних функцій Вейля. Наукові записки Львівського державного університету, серія фізико-математична, випуск I, т. У, 1947.
3. А. С. Кованько. О компактности систем обобщений п. п. функций Вейля, Украинский математический журнал, т. У, № 2, 1953.

4. А. С. Кованько. О компактности систем обобщенных почтипериодических функций А. С. Безиковича. Математический сборник, т. 16 (58), № 3, 1945.

5. А. С. Кованько. О компактности систем обобщенных почтипериодических функций В. В. Степанова. Математический сборник, т. 9 (51), № 2, 1941.

Н. Ф. КРАВЦОВА

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРУ ВОЛЬФРАМОВЫХ СПИРАЛЕЙ

Срок пригодности вольфрамовых нитей зависит от многих факторов, одним из которых является их структура. В данной работе приведены результаты металлографического анализа спиралей к лампам 127 вольт $\times$ 55 ватт, отожженных при разных температурах.

Исследованию подвергался вольфрам марки ВА-3, который, как показал спектральный анализ, кроме требуемых ГОСТом присадок, имел незначительное количество марганца и магния. Из спиралей, выдержанных определенное время в вакууме порядка 10^{-4} мм рт. ст. при разных температурах, готовились шлифы, травление которых проводилось травителем следующего состава: H_2O_2 3% — 1 часть, NaOH — 1 часть, вода — 1 часть.

Протравленные шлифы просматривались и фотографировались на микроскопе МИМ-6 с максимальным увеличением в 900 раз. Металлографический анализ образцов, отожженных при температурах 1000—2000° (через каждые 100°) в течение 10 минут, показал такие результаты.

Образцы, прошедшие обжиг 1000, 1100 и 1200°, имеют одинаковую структуру, образованную сильно вытянутыми зернами, по форме напоминающими волокна с параллельными гранями вдоль волочения проволоки и четко ограниченными концами. Относительно большое количество межкристаллического вещества находится на стыках отдельных зерен (рис. 1). Средняя твердость таких образцов, измеренная микротвердометром ПМТ-3, равна 575 кг/мм².

При температуре 1300—1700° волокна сохраняют свое первоначальное положение, но границы зерен постепенно с увеличением температуры теряют прямолинейность, острые углы на стыках отдельных зерен начинают округляться. При шлифовке таких образцов вольфрам сильно расслаивается вдоль оси волочения. На поверхности таких шлифов микротвердометр оставляет отпечатки в виде ромбов с меньшей диагональю вдоль проволоки и большей — поперек. Средняя суммарная твердость остается равной 575 кг/мм².

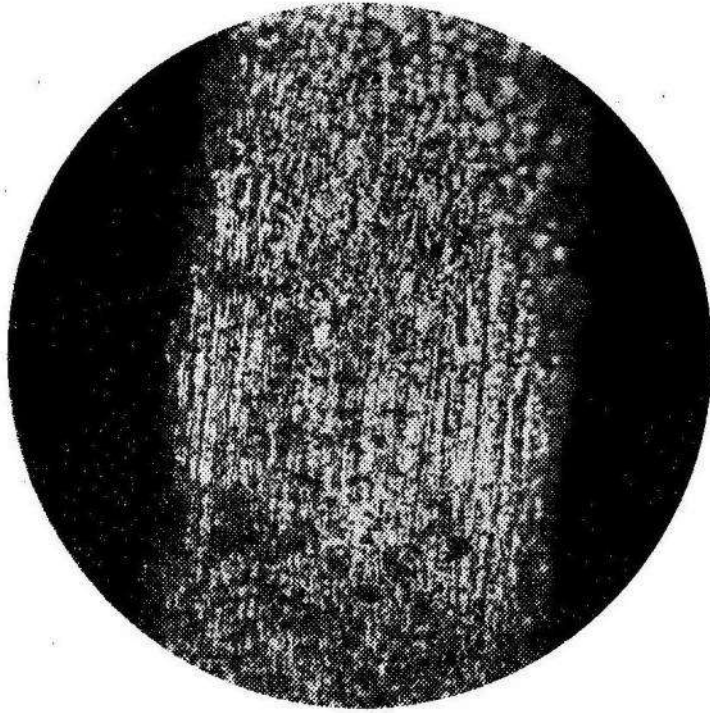


Рис. 1.

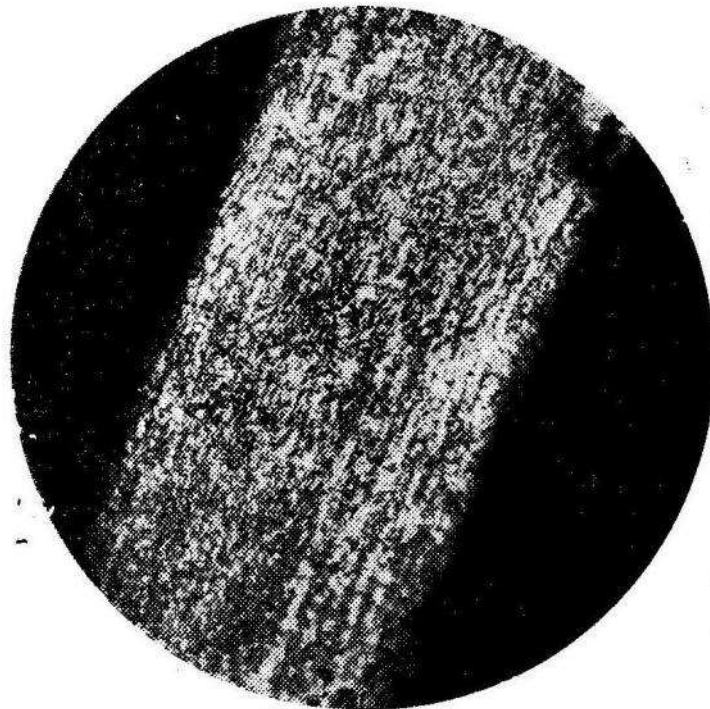


Рис. 2



Рис. 3.



Рис. 4.

У образцов, выдержанных при температуре 1800° , зерна становятся похожими на хлопья с достаточно четкой извилистой границей (рис. 2). Сглаживание острых границ у отдельных мелких зерен, вероятно, можно объяснить оплавлением этих участков, которое может возникать ввиду большой плотности на острых гранях электрического тока, проходящего через проволоку.

При температуре $1900\text{--}2000^{\circ}$ происходит дальнейшее оплавление мелких зерен и группирование их в большие области. При 2000° границы между такими областями становятся четкими, но достаточно тонкими (рис. 3). Микротвердость таких кристаллитов делается ниже, она примерно равна 450 кг/мм^2 .

Дальнейшее увеличение температуры до $2400\text{--}2500^{\circ}$ ведет к ясно выраженному спеканию вольфрамовых зерен внутри больших областей. Поверхность этих областей становится чище. Учитывая, что присадки при температурах $2000\text{--}2500^{\circ}$ находятся в жидком состоянии, можно предположить их стекание к границам кристаллитов, это хорошо видно на снимках (рис. 4). Микротвердость понижается до 380 кг/мм^2 .

При температуре 2700° такие области окончательно становятся монокристаллами с блестящей чистой поверхностью и достаточно широкими слоями межкристаллического вещества между ними. Микротвердость таких монокристаллов равна 350 кг/мм^2 .

А. С. ПИЗИО

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КРИСТАЛЛ КАК ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИК И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА ДЛЯ ЕГО АНАЛИЗА

В настоящее время во многих аппаратах связи, радио, акустики и измерительной техники широко применяются пьезоэлектрические кристаллы.

Физическое состояние препарата из пьезоэлектрического кристалла, как известно, описывается системой уравнений, вид и характер которых определяется выбором переменных. Постоянные коэффициенты в уравнениях соответствуют физическим параметрам пьезоэлектрического препарата и зависят от природы кристалла, среза, размеров, монтровки, а также электромеханического состояния его сторон.

До настоящего времени пьезоэлектрический препарат (пла-

стина, стержень и т. д.) рассматривается, с одной стороны, как упругая, непрерывная, анизотропная среда, к которой приложима теория упругости анизотропного тела, с другой, — как эквивалентный электрический колебательный контур с определенными значениями индуктивности, емкости и сопротивления.

В нашей работе пьезоэлектрический препарат рассматривается как устройство, которое служит для преобразования энергии (электрической в механическую и наоборот). В этом случае его можно трактовать как электромеханическую систему, в которой он играет роль связывающего звена между электрической и механической частями системы. Пьезоэлектрический препарат-преобразователь в этом случае может быть своего рода электромеханическим четырехполюсником с двумя электрическими и двумя механическими полюсами.

Если этот преобразователь — линейный, пассивный элемент, что в большинстве случаев справедливо, то его электрическим аналогом может служить линейный, пассивный электрический четырехполюсник.

Это означает, что уравнения состояния такого пьезоэлектрического препарата принимают вид, аналогичный уравнениям электрических четырехполюсников, и для рассмотрения всех вопросов, связанных с его работой, вполне пригодны выводы теории четырехполюсника.

Четырехполюсниковые уравнения пьезоэлектрического преобразователя раскрывают физическую сущность его параметров и наглядно показывают их взаимную связь. Они объединяют в себе зависимости, получаемые вышеупомянутыми методами анализа пьезоэлектрических препаратов, и тем самым являются очень ценными для рассмотрения пьезоэлектрических систем.

Экспериментальное исследование пьезоэлектрического препарата как электромеханического четырехполюсника приводит к однозначному определению его упругих, диэлектрических и пьезоэлектрических постоянных, с одной стороны, и эквивалентных значений индуктивности, емкости и сопротивления — с другой, а также определяет взаимную связь между ними.

Знание истинных значений упомянутых величин позволяет построить электрические схемы замещения пьезоэлектрического препарата, что весьма облегчает не только анализ, но и намечает пути дальнейшего его усовершенствования.

Данная работа посвящена также ряду вопросов теории четырехполюсника и ее приложения к расчету и исследованию пьезоэлектрических систем, которые либо совсем не нашли отражения в работах других авторов, либо нуждаются в дальнейшем развитии.

ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ КРИСТАЛЛОВ ДИГИДРОФОСФАТА АММОНИЯ ОТ ПОСТОРОННИХ ПРИМЕСЕЙ

Пьезоэлектрические препараты из кристаллов дигидрофосфата аммония, употребляемые в технике слабых токов, требуют минимальной их электропроводности. Поэтому и возникла необходимость детального изучения этого вопроса.

Рентгеновский анализ показывает, что ион PO_4 связан с другим ионом PO_4 водородной связью, что позволяет считать носителями тока ионы PO_4 и примеси, которые имеют еще меньшую связь, чем ионы PO_4 .

Для более детального изучения механизма электропроводности в кристалл во время роста вводились посторонние примеси и изучалась электропроводность таких кристаллов. В качестве посторонних примесей применялись молибденовокислый аммоний, хромовокислый аммоний, сернокислый аммоний, фосфаты натрия, калия и др.

Электропроводность всех кристаллов с вышеуказанными примесями укладывается в логарифмическую зависимость

$$\ln \sigma = \beta + \frac{\alpha}{T},$$

где σ — электропроводность, T — температура, α и β — константы, при этом α — пропорциональная энергии активации ионов.

Если для чистых кристаллов энергия активации была порядка 14—17 ккал/моль, то для кристаллов с примесями ее значения другие.

Присутствие ионов молибдена и хрома в кристалле укрепляюще действует на кристалл, и энергия активации возрастает до 20—22 ккал/моль, а присутствие других примесей дает энергию активации порядка 9—12 ккал/моль. Эти примеси как бы разрыхляют кристалл.

Вопрос о носителях тока в кристаллах требует дополнительных экспериментов.

Судя по литературным источникам, до сих пор нет экспериментальных данных не только для кристаллов с примесями, но даже и для чистых кристаллов.

По всей вероятности, для улучшения электрических свойств кристаллов дигидрофосфата аммония имеет смысл применять примеси молибдата аммония, которые уменьшают электропроводность кристаллов.

ВЛИЯНИЕ ПОСТОРОННИХ ПРИМЕСЕЙ НА РОСТ КРИСТАЛЛА ДИГИДРОФОСФАТА АММОНИЯ

При выращивании кристаллов из водного раствора основное внимание направлено на чистоту исходной соли и чистоту растворителя, чтобы получить кристаллы нужной чистоты.

В этой работе преследовалась обратная цель. В раствор вводились посторонние примеси и затем исследовалось влияние этих примесей на скорость роста, габитус кристалла и их проникновение в растущий кристалл. При этом приходилось иметь дело с «естественными» и «искусственными» примесями. Под «естественными» примесями следует понимать такие, которые находились в исходной соли и в растворителе (водопроводная недистиллированная вода с различными примесями). «Искусственные» примеси — это примеси, вводимые во время составления раствора для выращивания (обычно различные соли аммония). В отношении естественных примесей нас интересовало только одно: входят они в растущий кристалл или нет, так как в растворе их было мало. Количественное содержание примесей в растворе и в растущем кристалле определяли спектрографически. В результате многочисленных опытов выяснено, что посторонние примеси входят в растущий кристалл только тогда, когда их в растворе больше определенного количества. Для различных примесей искусственного и естественного происхождения (железо, алюминий, магний, кальций, медь, кремний, натрий, марганец, свинец, хром, молибден, сера и др.) существует определенная «граница» проникновения в растущий кристалл. Эта граница для указанных выше примесей лежит в пределах от 0,1 до 1 %.

Из искусственных примесей особо следует отметить молибденово-кислый аммоний. Эта примесь при определенной концентрации и температуре позволяет выращивать ромбические кристаллы, в то время как фосфат аммония тетрагональной сингонии. Другие посторонние примеси (хромово-кислый аммоний, серно-кислый аммоний) увеличивают скорость роста вдоль оси z в 2—3 раза, и одновременно сужают кристалл в направлении осей x и y , и постепенно основная призма переходит в пирамиду. Такие примеси, как фосфорно-кислый натрий, фосфорно-кислый калий интересны тем, что дают возможность получать основную призму кристалла очень правильной, без каких-либо нарушений.

Практически из всех посторонних примесей заслуживают внимание молибдат аммония и фосфорно-кислый натрий.

ХІМІЯ

Р. Н. ГОЛОВАТЫЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ТРИЛОНА «Б» В ИОНООБМЕННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

(Сообщение 1)

Двунариевая соль этилендиоминотетрауксусной кислоты, получившая название трилона «Б», образует со многими двух- и трехзарядными катионами металлов внутрикомплексные соединения, хорошо растворимые в воде. Внутрикомплексные соединения металлов с трилоном «Б» относятся к типу электролитов; устойчивость их к химическим реагентам и катионообменным органическим смолам зависит от индивидуальных химических свойств, катиона, избытка комплексообразователя и рН среды. Эти свойства внутрикомплексных соединений могут быть широко использованы в хроматографии вообще и в ионообменной для разделения металлов в частности.

Химические методы разделения имеют общеизвестные и довольно крупные недостатки. Этим объясняется большой интерес химиков к хроматографическим методам разделения металлов, которые имеют значительные преимущества в отношении чистоты и быстроты разделения. Несмотря на важность, эта область хроматографии развивается медленно из-за трудностей, связанных с подбором специфических комплексообразователей.

Применение трилона как комплексообразователя открывает перспективу для расширения возможностей хроматографического разделения металлов. Сказанное подтверждается первыми результатами, сообщаемыми в настоящей статье.

1) ОТДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА ОТ МАРГАНЦА, ЦИНКА, БЕРИЛЛИЯ, МАГНИЯ, БАРИЯ, КАЛЬЦИЯ, ЛИТИЯ И КАЛИЯ

Дву- и трехвалентные ионы железа в водных растворах с трилоном образуют весьма устойчивые комплексы. Из этих комплексов железо не поглощается катионообменными смолами.

Остальные вышеперечисленные катионы металлов образуют с трилоном менее прочные, чем железо, комплексы, которые при рН раствора от 1—8 единиц разрушаются катионитом или, точнее, вступают в реакцию обмена с ионами катионита.

На основании экспериментальных исследований нами разработан следующий ход отделения железа от одного или группы перечисленных металлов.

К исследуемому слабокислоте раствору добавляют 2—3 капли 5-проц. раствора NH_4CN и приливают небольшими порциями при перемешивании 0,2 N раствора трилона до полного обесцвечивания окраски роданистого железа. Затем раствор нейтрализуют NH_4OH по метилоранжу. Подготовленный таким образом раствор фильтровался через слой 12 г Н-катионита тионита, помещенного в обычную колонку со скоростью 1—2 мл в минуту. Железо не поглощается катионитом и переходит в фильтрат, остальные же полностью задерживаются на катионите.

Опыты проводились с растворами солей. Полноту поглощения контролировали наиболее чувствительными реакциями после выпаривания фильтрата разрушения трилона и отделения железа. При катионировании растворов, содержащих по 20 мг железа и 50 мг других металлов, а также при обратном соотношении в фильтрате не обнаружено ни в одном случае даже следов отделяемых металлов.

2) ОТДЕЛЕНИЕ АЛЮМИНИЯ ОТ БЕРИЛЛИЯ, МАГНИЯ, МАРГАНЦА, ЦИНКА И ЛИТИЯ

Для отделения алюминия от бериллия и лития до сих пор не было предложено даже удовлетворительных методов. Нет также хороших методов для отделения сравнительно небольших количеств цинка, марганца и магния от больших количеств алюминия.

Поэтому возможность хроматографического разделения имеет большое практическое значение для анализа. В литературе описано лишь два метода для отделения алюминия от бериллия. Разделение при помощи рекомендуемых нами методов производится следующим образом.

К слабо солянокислому раствору добавляют дву-, трехкратный избыток трилона, взятый по отношению к алюминию. Затем нейтрализуют раствор NH_4OH по метилоранжу и фильтруют через слой Н-катионита. В описанных условиях получается устойчивый по отношению к катионитам комплекс алюминия, который и переходит в фильтрат, в то время как из остальных комплексов в этих условиях ионы металлов количественно поглощаются катионитом.

3) ОТДЕЛЕНИЕ ХРОМА ОТ АЛЮМИНИЯ, ЖЕЛЕЗА, НИКЕЛЯ И МЕДИ

Комплекс, образуемый ионами трехвалентного хрома с трилоном, очень неустойчив как по отношению к химическим реактивам, так и катионообменным смолам.

Из водных растворов при $pH = 4,4$ хром количественно поглощается катионитами при любом избытке трилона. Это позволяет, не опасаясь отрицательного влияния избытка комплексообразователя, вести отделение как малых, так и больших количеств хрома от любых количеств алюминия, железа, никеля и меди, так как избыток повышает устойчивость комплексов отделяемых металлов и почти не влияет на устойчивость комплекса хрома.

Следует отметить, что из водных растворов хлорного и сернокислого хрома хром количественно поглощается катионитом только при многократном фильтровании. В присутствии трилона полнота поглощения достигается при однократном фильтровании. Очевидно, трилон разрушает аквакомплексы хрома, образуя менее устойчивый по отношению к катионитам трилоновый комплекс. Техника отделения аналогична описанной в предыдущем разделе.

4) ОТДЕЛЕНИЕ НИКЕЛЯ ОТ МАГНИЯ, БЕРИЛЛИЯ, МАРГАНЦА И ЦИНКА

Комплекс, образуемый никелем с трилоном, устойчив по отношению к катионообменным смолам только при $pH = 4,4$. В случае более низких значений pH никель частично поглощается катионитами даже при большом избытке комплексообразователя. При значении $pH > 4$ и большой избыток трилона приводит к неполному поглощению цинка в тех случаях, когда никель находится в больших, а цинк в малых количествах. Поэтому нижеописанную методику отделения никеля от цинка можно рекомендовать только для отделения малых количеств никеля от больших количеств цинка. Отделение никеля от Mg , Mn и Be проходит без затруднений.

Для отделения к исследуемому слабокислому раствору добавляют дву-, трехкратный избыток трилона по отношению к предполагаемому количеству никеля, а затем нейтрализуют NH_4OH по метилроту и фильтруют через NH_4 -катионит. Никель переходит в фильтрат, а бериллий, марганец и цинк остаются на катионите.

5) ОТДЕЛЕНИЕ МЕДИ ОТ СЕРЕБРА

Трилон с ионом серебра образует осадок, легко растворимый в NH_4OH вследствие образования комплекса $Ag[(NH_3)_2]^+$. Ионы меди, как известно, с избытком NH_4OH образуют ком-

плекс $[\text{C}(\text{NH}_3)_4]^{+2}$ синего цвета. Если к раствору вначале прибавить NH_4OH , а затем насыщенный раствор трилона до исчезновения синей окраски, то при фильтровании через слой NH_4 -катионит медь переходит в фильтрат, а серебро количественно задерживается катионитом. Таким путем серебро количественно отделяется не только от меди, а и от никеля, кадмия и цинка, если они присутствуют в растворе.

В. К. ЗОЛОТУХИН¹

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ БЕРИЛЛИЯ И АЛЮМИНИЯ ФОСФАТНЫМ МЕТОДОМ И О СОСТАВЕ ФОСФАТОВ БЕРИЛЛИЯ И АЛЮМИНИЯ

Одними из немногочисленных методов определения бериллия и алюминия являются фосфатные методы — осаждение в виде BeNH_4PO_4 и AlPO_4 с последующим переводением в весовые формы $\text{Be}_2\text{P}_2\text{O}_7$ и AlPO_4 .

Осаждаемая форма служит главным объектом весового анализа.

В связи с тем, что соли бериллия и алюминия (как и многих других катионов) в значительной степени подвергаются гидролизу с образованием BeOH^+ , AlOH^{++} и других радикалов, вероятно осаждение, наряду со средними, и основных фосфатов этих элементов, что должно снижать результаты их определения фосфатными методами.

Принимая во внимание изложенное, мы проделали опыты для выяснения точности этих методов определения бериллия и алюминия и установления основности осаждаемых форм — фосфатов алюминия и бериллия.

Осаждение иона бериллия в виде BeNH_4PO_4 производилось из подкисленного нагретого до кипения раствора сульфата бериллия, титр которого был установлен весовым, аммиачным методом. Осадитель — $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ прибавлялся в 0,5—1,0-кратном избытке, а затем нейтрализовался аммиаком по лакмусу. Осадок, промытый 1-проц. раствором NH_4NO_3 , переводился в весовую форму прокаливанием на паяльной горелке.

Для определения основности осадков, полученных вышеуказанным способом, осадки переносились вместе с фильтром в колбы, суспендировались в воде и обрабатывались двукратным избытком (в молях) фторида калия в виде ~ 1 м раствора. Образующаяся при этом щелочь по уравнению

¹ В экспериментальной части работы принимала участие М. П. Кочумаха.

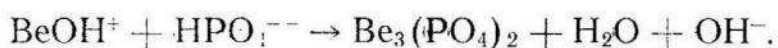
$\text{BeOH}^+ + 4\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{BeF}_4]^- + \text{OH}^-$ титровалась соляной кислотой. Указанная реакция была предложена нами для количественного определения основных солей бериллия.

Опыты по определению бериллия, проведенные фосфатным методом, показали, что результаты их во всех случаях были ниже результатов, полученных аммиачным методом в среднем на 3,8% (от 2,8 до 4,5%).

Результаты определения основности осадков бериллий-аммоний-фосфата оказались равными в среднем 4,4% (от 1,5 до 7,0% в отдельных опытах). Основность рассчитывалась по разности между количеством щелочи, которое определялось в бериллий-аммоний-фосфате, и тем его количеством, которое должно было быть определено (если бы осадок точно соответствовал составу BeNH_4PO_4) с фторидом калия по реакции: $\text{BeNH}_4\text{PO}_4 + 4\text{KF} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{K}_2[\text{BeF}_4] + \text{K}_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$ (здесь учитывалось, что NH_4OH титруется сильной кислотой по фенолфталеину, рТ которого = 9 на 64,2%).

Основность бериллий-аммоний-фосфата, очевидно, есть следствие образования наряду с BeNH_4PO_4 небольших количеств основной соли $(\text{BeOH})_2\text{NH}_4\text{PO}_4$ и, возможно, некоторого количества $\text{Be}_2\text{ONH}_4\text{PO}_4$, поскольку соли бериллия гидролизуются с образованием и радикала Be_2O^{++} .

Образование основных солей при осаждении BeNHPO_4 при рН около 6,5 (по лакмусу) подтверждается тем, что основность осадков фосфата бериллия и аммония, полученных действием Na_2HPO_4 на раствор основной соли виннокислого бериллия, сильно возрастает. Она достигает $\sim 90\%$ основности исходной соли виннокислого бериллия, эквивалентной 75% бериллия. Маточный же раствор оказывается щелочным по фенолфталеину, что может быть объяснено образованием в этом случае, наряду с основными фосфатами бериллия, некоторого количества среднего фосфата бериллия, например, по реакции:



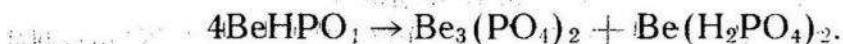
Очевидно, количественные отношения в осадке основной и средней солей зависят от П. Р. их и рН раствора, от которого зависит отношение концентраций HPO_4^{--} и PO_4^{---} — ионов, находящихся в равновесии



Отметим, что основность фосфата бериллия, осажденного из раствора сульфата бериллия по метилроту, меньше, чем фосфата бериллия, осажденного по лакмусу.

По литературным данным, образующийся при смешении растворов соли бериллия и фосфата щелочного металла BeNHPO_4 — неустойчив и превращается в средний и одноза-

мещенный фосфаты (по Траверсу практически полностью) по уравнению

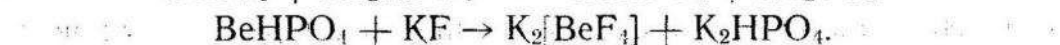


Представлялось интересным проверить, не образуются ли и здесь основные фосфаты бериллия. С этой целью мы провели опыты по определению основности фосфата бериллия, осажденного из раствора его сернокислой соли действием 0,5—1,0-кратного избытка двузамещенного фосфата натрия. рН раствора после осаждения был найден нами (по Михаэлису) равным 3,3—3,4. Фосфат бериллия осаждался и на холоду и во время нагревания при различной концентрации сульфата бериллия. Основность осадка определялась фторидным методом, кислотность фильтрата — титрованием его едкой щелочью по фенолфталеину.

Проведенные опыты показали, что основность осадка фосфата бериллия, осажденного из 0,1 м раствора сульфата бериллия при нагревании равна от 37,8 до 38,8%, а кислотность фильтрата от 38,8 до 39,6% взятой соли бериллия (в эквивалентах).

Основность фосфата бериллия, осажденного при нагревании же из 0,05 м раствора, соли бериллия и кислотность фильтрата от него были приблизительно на 9—10% выше, чем в предыдущем случае. При осаждении фосфата бериллия на холоду из 0,1 м и из 0,05 м растворов соли бериллия его основность и кислотность фильтрата на 2—4% ниже, чем в случае осаждения при нагревании.

Приведенные данные подтверждают, что реакция сульфата бериллия с двузамещенным фосфатом натрия не происходит по уравнению $\text{Be}^{++} + \text{HPO}_4^{--} \rightarrow \text{BeHPO}_4$; так как если бы она шла по этому уравнению, то основность осадка и кислотность фильтрата равнялись нулю:



Кисотно-основной баланс реакции показывает, что получающийся в результате ее осадок, очевидно, является смесью $\text{Be}_3(\text{PO}_4)_2$ и основных или кислотно-основных солей $(\text{BeOH})_2\text{HPO}_4$ или $(\text{Be}_2\text{O})\text{HPO}_4$ с большим или меньшим содержанием отдельных компонентов в зависимости от условий осаждения (с фторидом калия основная соль образует 50% щелочи, а $\text{Be}_3(\text{PO}_4)_2$ —33,3% щелочи от количества бериллия (в эквивалентах). При нагревании и из разбавленных растворов осаждается больше основной соли; на холоду и из более крепких растворов соли бериллия больше осаждается среднего фосфата.

Что касается образования при описываемой реакции рас-

творимого в воде $\text{Be}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, то ему противоречит наблюдаемый нами кислотно-основной баланс ее. При образовании этой соли осадок фосфата бериллия образовал бы с KF только 25% щелочи, а при титровании фильтрата щелочью по фенолфталейну образовались бы $\text{Be}(\text{OH})_2$ или основные фосфаты бериллия. Однако этого нами не наблюдалось.

Таким образом, заключаем, что кислотность фильтрата есть следствие образования $\text{Be}_3(\text{PO}_4)_2$ и основных солей (отметим, что 0,2 м растворы сульфата бериллия вследствие его гидролиза имеют $\text{pH} = 2,8$).

Для определения содержания основных солей нами был испытан также средний фосфат алюминия по реакции $\text{AlOH}^{++} + 6\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{AlF}_6]^{--} + \text{OH}^-$. Оказалось, что средний фосфат алюминия также имеет в качестве примеси основные (или кислотноосновные типа AlOHNHPO_4) соли в большем или меньшем количестве в зависимости от условий его осаждения.

При осаждении AlPO_4 при pH 4,0 десятикратным количеством $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, по Гиллебранду, основность соли равна 4,3%, т. е. 4,3% алюминия оказывается связанным с OH^- . Результаты весового определения алюминия при осаждении его в виде фосфата, также по Гиллебранду, оказались пониженными в среднем на 1,0% против полученных при осаждении алюминия аммиаком.

Приведенные в настоящей статье данные показывают, что при получении в качестве осаждаемых форм средних фосфатов (также и некоторых других солей) необходимо точно регулировать pH раствора при осаждении, и осаждение вести, если возможно, на холоду (для уменьшения образования основных солей), применяя для полноты выделения осаждаемых ионов соответственно большой избыток осадителя (при отсутствии комплексообразования). В противном случае результаты определения будут пониженными.

Настоящая работа подтверждает также, что изучение кислотно-основных свойств систем осадок — раствор помогает решать вопросы установления состава осадков, пригодности их в количественном анализе, создания условий, обеспечивающих получение осадков определенного состава. Данные работы указывают на существование двузамещенных фосфатов радикалов BeOH^+ , Be_2O^{++} , AlOH^{++} , как солей кислотно-основного типа.

Из работы видно важность разработки методов прямого определения основности и кислотности гидролизующихся солей как рабочих методов при решении указанных выше вопросов. Работа в этом направлении и в направлении детализации условий, обеспечивающих осаждение BeNH_4PO_4 и AlPO_4 , практически свободных от примесей основных солей, нами продолжается.

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В СУСПЕНЗИЯХ МОЛОДЯТИНСКОЙ ОТБЕЛИВАЮЩЕЙ ГЛИНЫ

При изучении тиксотропного структурообразования стеарата кальция в велосите Е. Е. Сегалова и П. А. Ребиндер обнаружили, что образования структур в растворах носят различный характер: 1) Конденсационные структуры образуются при охлаждении горячего раствора мыла в масле. Эти структуры нетиксотропны и необратимо разрушаются при механическом воздействии. 2) Диспергационные структуры восстанавливаются после механического диспергирования и являются типично тиксотропными. При этом предельная прочность первых структур в 20 раз больше прочности вторых.

В данной работе изучена степень восстановления тиксотропных коагуляционных структур водных суспензий молодятинской отбеливающей глины, описанной Д. П. Бобровником. Восстановление структуры изучалось при различных температурах после механического разрушения.

Тиксотропные глинистые суспензии характеризуются самопроизвольным образованием структур, механическая прочность которых может быть оценена значениями предельного напряжения сдвига P_m .

Структурообразование исследовалось на приборе Вейлера—Ребиндера с тангенциально смещающейся алюминиевой пластинкой с нарезкой (штриховкой) для предотвращения пристенного скольжения по диаграмме напряжения на сдвиг (P в дин/см^2) — относительная деформация сдвига при постоянной скорости наложения нагрузки). Исследованы были 18-проц. суспензии глины (после обработки ее растворами соды и последующего отмывания). Тиксотропное восстановление проводилось при температурах: 20°, 30°, 40°, 50° и 60°.

Как показано нами ранее, суспензии молодятинской глины образуют коагуляционные структуры, обладающие тиксотропными свойствами. Прочность таких структур сильно возрастает с повышением температуры до 70°C при постоянном времени структурообразования. Суспензии готовились по методу Цуринова—Квирикашвили и после доведения до нужной концентрации переносились в сосуд для измерений, в который помещалась пластинка прибора, и суспензия оставлялась при постоянной температуре для структурообразования.

В связи с тем, что прочность системы возрастает во времени, разрушение ее производилось через один и тот же промежуток, равный 30 минутам.

Механическое разрушение системы перед исследованием

восстановления структуры осуществлялось с помощью автоматической мешалки в течение 2 минут.

Из таблицы видно, что в водных суспензиях глины обнаружены только коагуляционные структуры, полностью восстанавливающиеся после механического разрушения. Эти структуры вполне тиксотропны.

Таблица

Прочность структур (P_m в дин/см^2) в 18-проц. суспензиях молодятинской глины после 30-минутного структурообразования

Последовательность разрушения	Температура в $^{\circ}\text{C}$				
	20	30	40	50	60
1	67	78	90	125	160
2	65	80	87	125	163
3	68	81	90	122	161
4	67	77	91	124	159

Как известно, интенсивность коагуляционного процесса ведет к образованию различных видов коагуляционных структур: от сетчатых, равномерно заполняющих весь объем суспензии, до компактных агрегатов.

Степень интенсивности структурообразования зависит от природы поверхности частиц твердой фазы, дисперсности и числа частиц в единице объема.

В суспензиях молодятинской глины после механического разрушения при постоянной температуре поверхность и число частиц твердой фазы не меняются, так как величины прочности структуры P_m — предельного напряжения сдвига, при котором происходит разрушение, и соответствующая этому напряжению предельная деформация ϵ_m после восстановления системы остаются теми же.

Увеличение P_m и уменьшение ϵ_m с ростом температуры тиксотропного застудневания подтверждает представление о механизме тиксотропии, как о постепенной достройке структурной сетки частицами. При повышении температуры прочность молекулярных связей между отдельными частицами должна ослабляться, поверхностная же гидратация этих частиц также уменьшается, что приводит к усилению связей между частицами. К этому прибавляется и повышение интенсивности броуновского движения, с ростом температуры приводящее к ускорению коагуляционного структурообразования.

КОЛОЇДНО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ
ТЕТРАЛІНСУЛЬФОНАТУ НАТРІЯ

Метою роботи було дослідження колоїдної розчинності деяких органічних речовин у водних розчинах натрієвої солі сульфотетраліну. Дані дослідження ми зв'язуємо з вивченням міцелоутворення (критична концентрація міцелоутворення, міцелярна вага) в розчинах тетралінсульфонату натрія, тому що воно є провідним фактором в процесі колоїдного розчинення. Сульфований тетралін одержувався нами з перегнаного при температурі 204°C та тиску 738 мм рт. ст. тетраліну шляхом сульфування концентрованою сірчаною кислотою при 45—50°C. Одержаний розчин розбавлявся водою до трьохкратного об'єму, нейтралізувався содою, а потім випарювався.

Продукт відділявся від домішки сірчаноокислого натрію екстрагуванням абсолютним спиртом. Аналізом встановлено відсутність неорганічних солей.

Колоїдно-хімічна характеристика тетралінсульфонату натрія вивчалась нами шляхом дослідження критичної концентрації міцелоутворення (ККМ), міцелярної ваги і швидкості дифузії.

ККМ і міцелярна вага визначались вимірюванням мутності в розбавлених розчинах на фотометрі Пульфріха (1), коефіцієнт дифузії D — оптичним методом фотографування шкали для 1-проц. розчину досліджуваного колоїдного електроліту в присутності 0,1 N сірчаноокислого натрію (2).

Основні результати вимірювань наведені в таблиці.

Таблиця
Колоїдно-хімічна характеристика тетралінсульфонату натрію і некалю

Колоїдний електроліт	ККМ моль/л	міц. вага	$\frac{w_m}{kT}$	$N-N_0$	$D \cdot 10^6 \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$	f/f_0
Тетралінсульфонат	$3,41 \cdot 10^{-4}$	22200	23,9	3,99	0,886	1,199
Некаль	$2,9 \cdot 10^{-4}$	20000	24,4	3,09	1,12	1,02

В цій таблиці, крім згаданих величин, наведені також дані енергії асоціації $\frac{w_m}{kT}$ і полідисперсність. Значення цих величин розраховувалось за рівняннями, виведеними Дебаєм.

Фактор дисиметрії f/f_0 (зв'язаний із співвідношенням півосей частинок в розчині) розрахований з значень D і міцелярної ваги. Для порівняння наведені відповідні величини раніше досліджуваного нами некалю.

З одержаних даних можна зробити висновок, що здатність до міцелоутворення дослідженого мила дещо нижча від некалю, про що говорить більше значення ККМ, а також менше енергії асоціації.

Крім цього, близьке до одиниці значення фактора дисиметрії тетралінсульфонату свідчить про практично сферичну форму його міцел, що відповідає раніш одержаним даним для інших сульфомил.

Наступним етапом нашої роботи було дослідження спряженої розчинності олефільних речовин у водних розчинах тетралінсульфонату. Величина спряженої розчинності, як це було показано раніше, зв'язана з колоїдними властивостями мила в розчині.

Нами вивчалась розчинність барвника судану III, а також деяких рідин різної природи (бензол, нітробензол, анілін і аміловий спирт). Такий вибір речовин диктувався тим, що раніше було проведене подібне дослідження для некалю і таким чином було можливе порівняти одержані дані.

Розчинність барвника визначалась фотометрично, а розчинність рідин вимірювалась прецизійним рефрактометром РПЛ за методикою, розробленою О. І. Юженком.

Порівняння величин розчинності з даними для некалю показали, що розчинність всіх досліджених речовин менша, ніж у випадку некалю. Все це також відповідає даним по ККМ, тобто чим більша здатність до міцелоутворення колоїдного електроліту, тим більша його здатність спряжено розчиняти.

В кінці згадаємо, що нафталінсульфонат натрію не проявляє, по суті, ніяких колоїдних властивостей у водних розчинах. З порівняння колоїдних властивостей тетралінсульфонату і некалю витікає, що як гідрування нафталіну, так і введення в його молекулу алкілових замісників приводять до помітного вираження колоїдних властивостей, причому в другому випадку ці властивості проявляються значно більшою мірою.

ЗМІСТ

Географія

	Стор.
П. Н. Цысь. К вопросу о денудационных уровнях в Советских Карпатах.	3
П. С. Курилов. К вопросу о формировании стока рек восточного склона Советских Карпат.	5
П. Н. Цысь. О древнем оледенении Карпат.	6
Л. В. Скварчевская. Этапы развития долин рек Стрия и Опора.	8
Г. А. Зильбер. К вопросу о характере ландшафта Львовской области.	10
Ф. С. Бучило. К вопросу о естественноисторическом и агро-географическом районировании Прибайкалья и Забайкалья.	12
М. М. Коинов. Некоторые особенности климата полонин на Черногорском хребте за период выпасного сезона (июнь—сентябрь).	14
И. И. Сваричевский. К вопросу об изменении географии посевов кукурузы в Дрогобычской области.	17
Н. Д. Орел. О типах местности западноукраинского Полесья.	20
С. Луцкий. Вопросы географии сельского населения Ровенской области.	22
К. И. Геренчук. Опыт типологической классификации ландшафтов Советских Карпат.	24

Біологія

А. Г. Гебгардт, Н. М. Дацюк, Е. Ф. Юрчук. Влияние внесения азотобактера на термический режим субстрата при изготовлении почвенного азотобактерина.	27
А. Г. Гебгардт и И. М. Будзан. Влияние продолжительности действия азотобактерина на урожай капусты.	30
А. С. Паламарчук. Особенности развития клевера первого года жизни на торфяниках и минеральной почве.	33
А. С. Паламарчук. Клевера Полесья, Ровенской области.	38
Т. К. Павленко, Е. А. Ткач. К вопросу о переливании чужеродной плазмы.	41
И. А. Грушевская. Формирование волокна у южной конопля в зависимости от сроков посева.	44
А. С. Паламарчук. Распространение клевера в Горецком районе БССР и на некоторых лугах рек Горынь и Случ и особенности строения корневой системы горного клевера в связи с его местобитанием.	46

И. А. Медяник, Л. А. Медяник, Я. В. Олейник. Роль сульфгидрильных групп белка в условнорефлекторной деятельности животных.	50
И. А. Медяник. Условнорефлекторные влияния на антитоксическую и желчеобразовательную функции печени в онтогенезе	52
И. А. Медяник, Я. В. Олейник. Влияние постоянного и переменного тока на условнорефлекторную деятельность животных.	55
А. К. Старостюк. Характер корковых реакций у собак с различными типами нервной системы после введения эпигиспазину.	57
Я. В. Олейник. Залежність змін коркової збудливості в час поляризації її від різного розміщення електродів.	58
А. Г. Гебгардт. Влияние гнездового внесения азотобактера на азотный баланс почв.	60
І. В. Бережної. Стационарное вивчення чорничників субальпійського пояса Радянських Карпат.	62
Г. Ф. Трубицький. Вивчення вмісту зольних елементів у травах гірських пасовищ Східних Карпат.	65
В. Е. Шмаевский. Суточные колебания Са/Св пшеницы.	67
Е. И. Шишова. Луговая растительность поймы верхнего Буга.	68
К. П. Мальчевская. Пути рационального использования запасов щуки в озере Тур, Волынской области.	71

Математика, механіка, фізика

А. С. Кованько. Заметка об одном свойстве V_p — равномерно суммируемых функций.	74
А. Н. Костовский. Определение аргументов комплексных корней при приближенном решении алгебраических уравнений методом Лобачевского.	78
А. Н. Кулик. Упругое равновесие эллиптической пластинки с круговым вырезом, подкрепленным тонким упругим кольцом.	81
А. Н. Кулик. Концентрация напряжений возле кругового отверстия, подкрепленного тонким упругим кольцом.	87
Н. П. Флейшман. Упругое равновесие пластин, усиленных криволинейными ребрами жесткости.	92
И. И. Данилюк. О некоторых вопросах теории эллиптических дифференциальных уравнений второго порядка на поверхностях.	96
А. Б. Драпкин. Функционально-инвариантные решения волнового уравнения для пространственного случая.	99
С. А. Грач. К вопросу об измерении деформаций тензодатчиками с большой базой.	104
В. Я. Скоробогатыко. Геометрический признак разрешимости первой краевой задачи для уравнения эллиптического типа.	108
Г. В. Сирык. О конформном отображении близких областей.	113
Г. В. Сирык. Об одном приближенном методе конформных отображений.	119
Г. Н. Гестрин. Об одном вполне непрерывном линейном операторе.	123
Н. Ф. Кравцова. Влияние температуры на структуру вольфрамовых спиралей.	124
А. С. Пизин. Пьезоэлектрический кристалл как электромеханический четырехполюсник и применение теории четырехполюсника для его анализа.	127
Ф. М. Алемайкин. Зависимость электропроводности кристаллов дигидрофосфата аммония от посторонних примесей.	129
Ф. М. Алемайкин. Влияние посторонних примесей на рост кристалла дигидрофосфата аммония.	130
	143

Хімія

Р. Н. Головатый. Применение трилона «Б» в ионообменной хроматографии.

В. К. Золотухин. Об определении бериллия и алюминия фосфатным методом и о составе фосфатов бериллия и алюминия.

Т. М. Полонский. Структурообразование в суспензиях моледятинской отбеливающей глины.

Р. В. Кучер і С. Д. Казьмін. Колоїдно-хімічні властивості водних розчинів тетралінсульфонату натрія.

Редактор видавництва Ю. Г. Андреева.

Коректор С. Я. Михайленко.

Техредактор А. В. Малявко.

Львовский государственный университет. Доклады и сообщения, выпуск шестой, часть вторая.

БГ 06702. Здано до набору 31. VIII. 1955 р. Підписано до друку 7. I. 1956 р.
Формат паперу 60 x 92¹/₁₆ 4,5 пап. арк. — 9 друков. арк. Обліково-видавн. арк. 8,69.
Тираж 500. Зам. 78.

Друкарня Львівського Державного Університету, Львів, Університетська, 1.

12700

Ціна 4 коп. 35 коп.