

В.П.КЕЛЬБЕРГ

Зайчикову Т. Ф.

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА ВЫСОТУ РАЗРЫВА РАДИОЗОНДОВЫХ ОБОЛОЧЕК

Автореферат диссертации,
представленной на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Алма-Ата

1966

КАЗАХСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени С.М.КИРОВА

На правах рукописи

В.П.КЕЛЬБЕРГ

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА ВЫСОТУ РАЗРЫВА РАДИОЗОНДОВЫХ ОБОЛОЧЕК

Автореферат диссертации,
представленной на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Диссертационная работа выполнена в
Казахском научно-исследовательском
гидрометеорологическом институте

Научный руководитель:
кандидат физико-математических наук
Н.Ф.ГЕЛЬМГОЛЬЦ

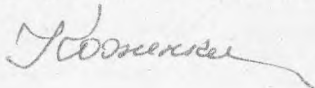
Алма-Ата, 1966

Защита диссертации состоится в конце мая 1966 г.
в Ученом Совете по присуждению ученых степеней географическо-
го факультета Казахского Государственного Университета имени
с.М.Кирова, г.Алма-Ата, ул.Кирова, 136.

Отзывы на автореферат просим выслать по вышеуказан-
ному адресу

Дата рассылки автореферата "23" апреля 1966 г.

Секретарь Ученого Совета,
кандидат физико-математических наук



(З.П.Коженкова)

Увеличение потолка радио-ветрового зондирования атмосферы является весьма важным фактором, способствующим изучению верхних слоев стратосферы как для совершенствования прогнозов погоды малой и большой заблаговременности, так и для оперативного обслуживания высотной авиации.

Потолок такого зондирования в настоящее время определяется, в основном, качеством подъемных средств, т.е. радиозондовых оболочек, так как современные радиозонды уже сейчас позволяют получать достаточно достоверные данные о метеорологических элементах в верхней стратосфере, практически до 40 км. Однако, оболочки, поднимающие радиозонды, пока еще не обеспечивают регулярного подъема приборов до таких высот. Так, средняя высота радиозондирования по СССР за 1964 год составила несколько менее 25 км. Такие высоты не удовлетворяют запросов народного хозяйства страны.

Высота разрыва растяжимой латексной оболочки с физико-механической точки зрения зависит, главным образом, от двух факторов: начального размера оболочки и разрывных характеристик материала оболочки, определяемых разрывным удлинением и разрывным напряжением или прочностью пленки оболочки. На эти характеристики, как будет показано, оказывают более или менее существенное влияние атмосферно-физические факторы, воздействующие на оболочку при ее подъеме в реальной атмосфере.

Немаловажное значение имеет и соблюдение при эксплуатации оболочек на станциях технических требований, предъявляемых к этому виду латексных изделий.

Таким образом, проблема увеличения высот радиозондирова-

ния может быть решена при условии выполнения трех положений: 1) расчета оптимальных размеров оболочек, обеспечивающих ее подъем до высоты порядка 40 км; 2) улучшения качества латекса, а также технологии изготовления оболочек с целью получения устойчивых высот их разрыва с учетом воздействия на оболочку в полете различных атмосферно-физических факторов; 3) повышения производственной культуры в аэрологических подразделениях, обеспечивающей полное использование эксплуатационных качеств серийных оболочек.

Следовательно, только при постоянном деловом содружестве между специалистами промышленности, разрабатывающей и изготавливающей оболочки, и потребителем - метеорологами, эксплуатирующими их, можно решить проблему увеличения высот радиозондирования. Действительно, если резиновая промышленность не будет иметь сведений о потолке разрыва оболочек в разных географических районах страны и при различных метеорологических условиях на высотах, исследования с целью улучшения качества оболочек встретят серьезные затруднения. С другой стороны, если специалисты-аэрологи не будут располагать необходимыми знаниями в области физикохимии современных полимеров применительно к эксплуатации радиозондовых оболочек, повышение производительной культуры на станциях также будет затруднено.

Сказанное определило содержание и структуру диссертации.

Работа содержит введение, шесть глав и библиографию, изложенных в 2-х частях диссертации. Первая часть состоит из введения и двух глав, содержащих постановку вопроса и литературный обзор. Вторая часть включает 4 главы, из которых 3 главы составляют содержание собственных исследований, а в

последней, 6-й главе, приводятся выводы и некоторые практические рекомендации.

Во введении дается обоснование постановки вопроса, кратко излагаются причины, от которых зависит высота разрыва оболочек, намечаются пути для дальнейшего увеличения этих высот.

В первой главе приводится краткий литературный обзор сведений о свойствах каучука и резины. Рассматриваются некоторые специфические свойства мягких резин применительно к радиозондовым оболочкам. Даются краткие сведения о современном способе изготовления радиозондовых оболочек отечественного производства. Описываются методы лабораторных испытаний образцов пленки и оболочек, предложенные как советскими, так и зарубежными авторами. Несколько подробнее излагается методика испытания оболочек, разработанная в научно-исследовательском институте резиновых и латексных изделий (НИИР, Москва).

Во второй главе кратко излагается теория подъема растяжимой радиозондовой оболочки и приводятся уравнения подъема, предложенные А. Анджиолетти и Дж. Феличе; Г. М. Мартином, Д. Манделем и Р. Д. Стиллером; Ф. Ресслером; В. П. Антиповым и Н. Ф. Логиновым. Более подробно говорится об уравнениях подъема, предложенных НИИРом. В заключении главы дается сравнение конечных результатов, полученных по различным уравнениям. Высказываются некоторые замечания по выводам отдельных авторов.

При выборе формул для практического использования отдается предпочтение уравнениям НИИРа (И. И. Гольберг, Б. А. Майзелис и В. В. Черная), так как только они, по мнению автора, позволяют вычислять высоту разрыва оболочки на основании достаточно обоснованного пересчета лабораторных испытаний образцов.

В третьей главе описываются лабораторные испытания образцов, выполненные автором в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (КазНИГМИ) на предложенном им приборе. Эти исследования включают испытания образцов на светостойкость и поглощательную способность латексной пленки Л-7, изучение влияния степени набухания пленки на разрывное удлинение образцов и темпа растяжения на разрывные характеристики пленки.

В результате исследований светостойкости пленки, облученной солнечными лучами по нормали, при величине прямой солнечной радиации порядка 1,2 кал/см²мин, в течение времени, превышающем нахождение оболочки в полете, установлено, что разрывное удлинение образцов практически не уменьшилось.

Опыты по установлению поглощательной способности пленки показали, что с увеличением растяжения образца от трех до шестикратного удлинения поглощательная способность пленки снижается для всего спектра солнечной радиации в среднем на 20%. Наименьшая степень поглощения солнечной радиации при шестикратном удлинении для пленки, пластифицированной в керосине (практического предела в реальных условиях), составляет порядка 20%, что, учитывая интенсивность солнечной радиации на высоте 25 км (близкой к средней высоте разрыва) около 2 кал/см² мин, составит 0.4 кал/см² мин. Это должно положительно сказаться на увеличении эластичности пленки за счет ее разогрева.

Что касается влияния ультрафиолетовой части спектра солнечной радиации, то исследования, проведенные в лабораторных условиях, показали некоторое ухудшение эластических

свойств латексной пленки, выразившееся в увеличении остаточного удлинения образцов после их облучения ультрафиолетом. Несмотря на это, заметное превышение средних высот зондирования в светлое время суток по сравнению с темным приводит к заключению, что положительное влияние нагрева оболочки полным спектром солнечной радиации доминирует над имеющим в какой-то степени вредным явлением коротковолновой части радиации.

Опыты по выявлению степени набухания пленки в пластификаторе от продолжительности пластификации при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ показали, что степень набухания образцов и оболочек малых размеров при одной и той же продолжительности пластификации существенно различна. Так, процент набухания образца при длительности пластификации 15 мин. составляет 55%, а оболочки № 10 - 30%.

Опыты по определению прочности пленки от степени набухания показали, что в пределах от 0 до 35% набухания, увеличению набухания на 10% соответствует уменьшение разрывного удлинения образца при положительных температурах на 5-6%.

Влияние темпа растяжения образца при положительных температурах практически не сказывается на его прочности. Так, при изменении темпа растяжения, определяемого количеством подаваемого под образец воздуха от 0.8 до 0.08 л/сек, разрывное удлинение образца оставалось без изменения. Вместе с тем, в зависимости от темпа деформации установлено некоторое ухудшение высокоэластических свойств пленки. При увеличении темпа растяжения сверхдавление в момент разрыва возрастает, что, очевидно, является следствием сравнимости скорости растяжения со временем релаксации системы. Повидимому можно ожидать,

что при низких температурах влияние темпа растяжения будет заметнее.

Дальнейшее содержание работы касается вопросов, имеющих непосредственное отношение к изучению влияния атмосферно-физических условий на высоту разрыва радиозондовых оболочек и ставящих своей конечной целью решение вопроса о том, какие атмосферно-физические факторы, в какой степени и в каких аэро-климатических районах СССР препятствуют или способствуют увеличению высот радиозондирования.

Глава четвертая содержит впервые полученные автором данные о влиянии атмосферно-физических факторов на высоту подъема радиозондовых оболочек не по лабораторным исследованиям, а на основании обобщения оперативных радиозондовых наблюдений по территории Казахстана и некоторых других станций Гидрометслужбы Союза. Сообщаются количественные данные о влиянии на высоту разрыва таких факторов как солнечная радиация, температура воздуха на старте и на высотах, ветер на старте и на высотах, сдвиги ветра в прозондированных слоях, облачность и атмосферный озон (последний только по станции Алма-Ата).

Объем использованного материала включает более 50 тысяч зондажей за период 1959-1962 г.г.

Излагается методика разработок и характеристика использованного материала наблюдений.

Показывается, что основная трудность при выявлении зависимостей между высотой разрыва оболочек и величинами атмосферно-физических факторов по данным оперативного зондирования заключается в том, что на оболочку во время полета воздействует весь комплекс факторов, и для того, чтобы выделить

влияние того или иного, необходимо обеспечить прочие равные условия для всех остальных, а это вызывает необходимость в привлечении к обработке огромного количества наблюдений, значительно большего, чем имелось в распоряжении автора.

В связи с этим пришлось на данном этапе исследований отказаться от изучения влияния отдельных факторов в чистом виде при условии неизменности остальных и искать зависимости высоты разрыва оболочек для некоторых отдельных факторов без учета величины остальных.

Несмотря на это в работе удалось выявить достаточно убедительные связи такого рода.

Положительное влияние солнечной радиации обнаруживается как при рассмотрении годового хода средних высот радиозондирования, так и особенно при рассмотрении высот по срокам выпусков. Солнечная радиация дает прирост высот в среднем на 2.5-3.5 км. При выявлении степени положительного влияния солнечной радиации от угловой высоты солнца было установлено, что в диапазоне изменения угловых высот от -10° до $+10^{\circ}$ возрастание средних высот разрыва оболочек составляет 1 км на 5 градусов высоты солнца. Такое возрастание средних высот происходит в том диапазоне, где оптическая толща атмосферы уменьшается в несколько десятков раз, именно на этом участке можно ожидать существенного возрастания напряжения радиации.

Кроме того, выявлено положительное влияние солнечной радиации при низких температурах в стратосфере. Так, при температурах около -60° и ниже, разница в высоте разрыва в светлое и темное время суток достигает 2 км. С повышением температуры на этих высотах влияние солнечной радиации практически

перестает сказываться, поскольку температура воздуха уже сама обеспечивает сохранение оболочкой эластических свойств.

Показывается, что солнечная радиация непосредственно действует на температуру шара, увеличивая при повышении температуры эластичность пленки.

При установлении зависимости между высотой подъема и температурой воздуха на старте получена кривая зависимости, из которой следует, что для диапазона температур от -30 до $+30^{\circ}\text{C}$ возрастание высот составляет около 4 км.

Приводятся данные о зависимости высоты разрыва от других температурных факторов: от температуры на высоте разрыва (подробнее об этом говорится ниже), от минимальной температуры воздуха в подъеме, от продолжительности нахождения оболочки в слое с температурой ниже определенного предела. Наиболее яркая зависимость получена для температуры воздуха на высоте разрыва. Так, при понижении температуры в стратосфере от -40 до -70° , средняя высота разрыва уменьшается примерно на 8 км. Это обстоятельство побудило изучить такой фактор детальнее. Результаты указанных исследований излагаются в 5 главе.

При установлении влияния ветра на высоту разрыва как фактора, воздействующего на прочность пленки, были изучены связи для ветра на старте, для ветра на последней высоте в подъеме, а также для сдвигов ветра в прозондированном слое.

Поскольку между скоростью ветра на старте и на последней высоте в зондаже была установлена прямая связь, можно считать, что и во всем прозондированном слое между ветром на различных высотах скорости будут коррелироваться, а отсюда и влияние динамических нагрузок на высоту разрыва оболочек будет проявляться как интегральный эффект.

Зависимость высоты разрыва от скорости ветра на последней высоте в зондаже выражена довольно слабо, но все-таки она существует, что, очевидно, связано со степенью турбулентности в атмосфере при значительных скоростях ветра. Показано, что скорость ветра является фактором, действующим отрицательно: чем больше скорость ветра, тем меньше высота разрыва оболочек.

Зависимость высот разрыва от среднего километрового сдвига скорости ветра выражена значительно отчетливее. В результате проведенных исследований было установлено, что при возрастании сдвигов ветра от 0 до 10 м/сек/км средняя высота разрыва оболочек по данным около 18 тысяч наблюдений на 11 аэрологических станциях снижается более чем на 9 км. Таким образом, оказывается, что этот фактор имеет столь же существенное значение, как и температура воздуха на высотах. Однако, ряд технических ограничений при производстве радиоветровых наблюдений привел к невозможности более детального анализа этой связи, что вынудило пока ограничиться по сдвигам ветра лишь обобщенными средними данными.

В результате исследований по облачности было установлено, что наиболее неблагоприятной облачностью для достижения больших высот радиозондирования оказалась слоисто-дождевая, при которой средняя высота разрыва по сравнению с условиями безоблачного неба снижается почти на 2 км. Это можно объяснить двумя причинами. Во-первых, при подъеме оболочки в дождевых облаках увеличивается сопротивление ее подъему, уменьшается вертикальная скорость шара, откуда возрастает продолжительность нахождения оболочки в слоях с низкими температурами. Во-вторых, в таких облаках в нижней и средней

тропосфере весьма вероятно обледенение оболочки, что приводит не только к резкому падению вертикальной скорости, но и к механическим повреждениям пленки, неравномерности растяжения оболочки, а отсюда к ее разрушению.

Неблагоприятное действие оказывают и ливневые облака при зондировании, в которых снижение высот разрыва близко к 1 км очевидно за счет повышенной турбулентности атмосферы в них, что приводит к увеличению динамических нагрузок на систему шар+радиозонд, а следовательно и на оболочку.

Исследования по влиянию озона показали, что в условиях низких температур, в диапазоне изменения общего содержания озона в атмосфере от $200 \cdot 10^{-3}$ до $500 \cdot 10^{-3}$ см даже на высотах, где можно ожидать его наибольшей концентрации, вредного воздействия на пленку современной оболочки не обнаружено. Между этим фактором и высотой разрыва оболочек корреляция оказалась нулевая. По-видимому, влиянием озона как фактором, вызывающим разрушение полимера, учитывая низкие температуры в стратосфере, можно пренебречь. Что касается косвенного влияния озона на оболочку через температуру окружающего воздуха, то оно, конечно, скажется, однако вклад озона в температурный фактор, влияющий на оболочку, невелик.

В заключение 4 главы приводятся результаты исследований о влиянии некоторых атмосферно-физических факторов на высоту зондирования по данным оперативных наблюдений некоторых станций, расположенных вне пределов Казахстана (Ужгород, Баку, Харьков, Горький, Архангельск). Полученные результаты позволяют в дальнейшем отказаться от изучения влияния таких второстепенных факторов как температура воздуха на старте,

скорость ветра, облачность и пр., с одновременным увеличением числа привлекаемых станций для более детального исследования географического распределения влияния первостепенного фактора: температуры воздуха в стратосфере.

В пятой главе содержатся результаты исследований по всей территории СССР. Разработками в общей сложности по этому фактору охвачено 50 аэрологических станций, расположенных более или менее равномерно по всей территории Союза с учетом аэроклиматических особенностей отдельных районов страны. Количество зондажей, включенных в разработки, превышает 188 тысяч за период 1959-1961 г.г. по станциям Казахстана и за 1960-1962 г.г. по другим районам СССР.

В результате проведенных исследований установлено, что закономерность по связи между высотой разрыва оболочек и температурой воздуха в стратосфере, выявленная ранее для Казахстана, полностью подтверждается.

Кривая регрессии, полученная в результате таких разработок, показывает, что понижение температуры в стратосфере от -40 до -70°C вызывает уменьшение потолка разрыва оболочек в среднем на 8 км, причем, влияние температуры на изменение высоты разрыва проявляется наиболее заметно в диапазоне температур от -40 до -60° . Здесь изменению температуры на 3° соответствует изменение высоты разрыва примерно на 1 км.

При использовании известного приема подбора аппроксимирующей функции для эмпирических кривых, было выявлено, что наилучшее приближение к полученной экспериментальной кривой дает степенная функция вида $y = ax^n + b$, где $y = Z_p$ - высота разрыва км, $x = t_p$ - температура воздуха на высоте

разрыва. Аппроксимация дает следующее выражение для вычисления средней высоты разрыва оболочек № 150 (км), изготовленных из полихлоропренового латекса Л-7, от температуры воздуха на этой высоте (C^0)

$$Z_p = \frac{(t_p + 80)^{2.42}}{922.6} + 20.2$$

В этом выражении автоматически учитывается и изменение среднего разрывного удлинения пленки, экспериментальное определение которого в реальных условиях подъема оболочки представляет наибольшую сложность.

В случае применения оболочек № 100 значения Z_p , полученные по формуле для оболочек № 150, будут примерно на 15-20% меньше, для оболочек № 200 на ту же величину больше.

Приведенные рассуждения касались общей зависимости высоты разрыва оболочек от температуры воздуха, объединенной для всех станций, включенных в разработки, вне зависимости от их места расположения.

При рассмотрении температурного режима в стратосфере для отдельных станций, расположенных в районах с различными аэроклиматическими условиями, обнаруживается характерная для того или иного района вероятность благоприятных или неблагоприятных температурных условий на высотах, близких к разрыву оболочки.

При установлении степени благоприятности температурных условий в стратосфере мы руководствовались теми соображениями, что современные полихлоропреновые оболочки, пластифицированные перед выпуском в керосине, имеют температуру за -

мерзания пленки близкую к -58, -60°С. Поэтому за неблагоприятные, с учетом принятых в работе градаций температур, были взяты температуры на высоте разрыва -55° и ниже, а за благоприятные -55° и выше. Вероятность неблагоприятных температурных условий определялась для каждой станции отдельно, как частное от деления числа случаев разрыва оболочек при температурах -55° и ниже к общему количеству зондажей.

Определяющими факторами такой вероятности с одной стороны являются специфические физико-механические свойства современных отечественных оболочек, с другой - преобладающие температурные условия в стратосфере, характерные для того или иного района страны в различные периоды года.

Анализ территориального распределения условий показал явное преобладание более благоприятных температур в стратосфере в районах, расположенных на востоке страны, прилегающих к побережью Тихого океана, по сравнению с районами, находящимися западнее. Кроме того, вероятность неблагоприятных условий, как правило больше на юге и севере, чем в средних широтах.

Температурная аномалия на высотах на северо-востоке СССР объясняется с одной стороны стационарированием здесь теплого стратосферного антициклона в холодный период года, с другой стороны внезапными стратосферными потеплениями в прилегающих к Центральной Арктике районах, когда температуры на высотах повышаются почти на 40°С.

Далее в главе детально рассматривается изменение годового хода неблагоприятных температурных условий в стратосфере и в широтном разрезе, приводятся количественные данные о вероятности таких условий по территории СССР.

Сравнение фактических высот для соседних станций в районах со сходными температурными условиями использовано как признак различного уровня производственной культуры на станциях. Там же приводятся карты районирования территории СССР, составленные по признаку степени неблагоприятности температурных условий в стратосфере для современных радиозондовых оболочек по периодам года. В таблицах приводятся более подробные сведения с учетом времени года и времени суток по каждой станции, включенной в разработки.

В заключение 5 главы приводятся некоторые предварительные рекомендации о целесообразности дифференциации в изготовлении радиозондовых оболочек промышленностью с учетом географических районов их эксплуатации, а также о некотором пересмотре критериев оценок качества работы аэрологической сети Гидрометслужбы, вытекающие из полученных результатов.

Глава шестая содержит выводы и рекомендации, вытекающие из всей работы в целом. В этой главе подчеркивается прикладной аспект проведенных исследований.

В заключение отметим те элементы нового, которые содержатся в работе.

1. На большом материале оперативного радиозондирования по территории СССР впервые получены количественные связи между высотой разрыва радиозондовых оболочек и атмосферно-физическими условиями в свободной атмосфере.

2. Установлены неизвестные ранее данные о степени влияния на высоту подъема современной радиозондовой оболочки в реальной атмосфере таких факторов как солнечная радиация,

температура воздуха, ветер, сдвиги скоростей ветра, облачность и атмосферный озон. Показывается значимость каждого из них.

3. Приводится эмпирическая формула зависимости высоты разрыва оболочек от температуры воздуха в стратосфере, автоматически учитывающая изменение среднего разрывного удлинения пленки в реальных условиях подъема оболочки и вычисленная по данным более 188 тысяч оперативных зондажей на 50 станциях Советского Союза.

4. Впервые предлагается критерий степени неблагоприятности температурных условий в стратосфере, характеризуемый с одной стороны степенью морозостойкости оболочек, с другой — преобладающими температурными условиями в стратосфере.

5. Дается районирование территории СССР по степени неблагоприятности температурных условий в стратосфере для современных радиозондовых оболочек с учетом периодов года и времени суток.

Структура диссертации

Содержание	Страниц	Таблиц	Рисунков
Введение	8	-	-
Часть I. Глава I. Краткие сведения о радиозондовых оболочках	34	-	16
Глава 2. Теория подъема растяжимых радиозондовых оболочек	25	-	3
Часть II. Глава 3. Лабораторные испытания образцов латексной пленки в КазНИГМИ	21	I	5
Глава 4. Влияние атмосферных условий на высоту разрыва оболочек по данным радиозондирования в Казахстане	59	4	20
Глава 5. Температурные условия в стратосфере и их влияние на высоту радиозондирования по территории СССР	39	5	8
Глава 6. Выводы и некоторые рекомендации	27	I	-
Литература (93 наименования)	10	-	-
Оглавление	2	-	-

Работа выполнена в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте в 1960-1964 г.г.

Содержание разработок по теме докладывалось автором:

1. На метеорологическом семинаре Ученого Совета КазНИГМИ в феврале 1961 года.

2. На юбилейной сессии Ученого Совета КазНИГМИ в мае 1961 г.

3. На метеорологическом семинаре Ученого Совета КазНИГМИ в мае 1962 г.

4. На союзном семинаре по радиозондовым оболочкам в научно-исследовательском институте резиновых и латексных изделий (НИИР, Москва) в июне 1962 года.

5. На семинаре-совещании начальников и инженеров-аэрологов аэрологических станций УГМС Казахской ССР в ноябре 1962 г.

6. На метеорологическом семинаре Ученого Совета КазНИГМИ в сентябре 1963 года.

7. На итоговой сессии Ученого Совета КазНИГМИ в феврале 1965 года.

8. На метеорологической секции Ученого Совета КазНИГМИ в марте 1965 года.

Содержание работы опубликовано в следующих изданиях:

1. Кельберг В.П. Физико-механические свойства радиозондовых оболочек и их влияние на высоту подъема. Материалы юбилейной сессии Ученого Совета КазНИГМИ, изд. КазНИГМИ, Алма-Ата, 1961, стр. 132-135.

2. Кельберг В.П. Радиозондовые оболочки и факторы, влияющие на высоту их подъема. Методическое пособие. Изд.

КазНИГМИ, Алма-Ата, 1961, стр.3-34.

3. Кельберг В.П. Высота радиозондирования как функция физико-механических свойств оболочек. Труды КазНИГМИ, 1963, вып.19, стр.31-101.

4. Кельберг В.П. и Майзелис Б.А. Латексные радиозондовые оболочки. Изд. КазНИГМИ, Алма-Ата, 1963, стр. 3-82.

5. Кельберг В.П. Связь между температурой воздуха и высотой разрыва радиозондовой оболочки при ее полете в реальной атмосфере. Труды КазНИГМИ, 1964, вып.22, стр.127-140.

6. Кельберг В.П. Влияние атмосферно-физических условий на высоту поднятия радиозондовых оболочек. (Монография объемом 15 печатных листов подготовлена к печати).

Кроме того, в ведомственной печати (Информационные письма Авиационно-аэрологического управления ГУГМС и УГМС Казахской ССР) опубликовано 5 статей, посвященных рассматриваемому вопросу.

Подписано к печати 9/IV-66. Формат бумаги 60x84 1/16.
Объем 1,25 п.л. УГО 2425. Заказ 451. Тираж 250. Бесплатно
Фотоофсетная лаборатория УГМС Каз.ССР, г. Алма-Ата,
пр. Абая, 32.