

— Но вот - последняя ошибка найдена, уменьшены шаги в окрестностях восхода и захода, программа считает суточную вариацию, мы все начинаем строить графики. Не всё ещё понятно в результатах, выплывают какие-то новые мелкие ошибки, но главное - рубеж взят! Тут же мы начинаем "гнать варианты" - испытывать модель в разных ситуациях, варьируя её входные параметры. Результаты идут лавиной, бурным потоком, растут горы распечаток, на графики успеваем наносить лишь мизерную часть выдаваемой машиной информации. Модель получилась действительно динамической - всё дышит, всё меняется и меняется как положено, то есть, как и наблюдается. Ликование в нашем стане!

— В Калининград мы возвращались накануне майских праздников, нагруженные продуктами и в ещё большей степени распечатками результатов, килограммов по пять бумаги на каждого. В обсерватории мы вывесили транспарант, написанный большими красными буквами: "ДМСИ есть! Принимаем поздравления. Группа моделирования". И нас поздравляли, искренне радуясь вместе с нами, все наши сотрудники, обсерваторские и университетские, и даже Гострем, отношения с которым у меня уже превратились в сверхнатянутые. Я ходил гоголем, а чувствовал себя королём. Ещё бы! - достигнута желанная цель, мы вышли на рубежи мировой науки, на уровень работ Штуббе!

— Мы с Костей засели писать отчёт для "Вымпела", он - про методы численного решения, я - всё остальное: описание и интерпретация результатов. Сашуля переводила тушью на кальку графики, которые я строил карандашом на миллиметровке. Отчёт получался солидным и, главное, без липы! Что обещали, то и сделали.

— Сдавать отчёт на "Вымпел" ездила целая бригада: Костя, Лёня, Саенко (одновременно с "Квадратом" сдавалась ещё и "Калина"), Бог знает кто ещё, во главе с Гостремом, разумеется, и, разумеется, без меня, так как у меня не было допуска, без которого я не мог попасть на "Вымпел", засекреченную контору, про которую я только и знал, что она находится в Москве недалеко от метро "Сокол". В глубине души я надеялся, что наш успех в выполнении темы позволит Гострему оформить мне допуск, но не тут-то было... Ну, что ж. Зато я был свободен от дополнительных поездок и общений с заказчиком, которые отвлекали от непосредственной научной работы. Впрочем, заказчик вскоре сам объявился в Калининграде, но об этом чуть позже.

— В середине или конце мая на объединённом семинаре ЛПФ и КМИО я выступил с довольно напыщенной речью под названием "Итоги и перспективы совместных работ по динамическому моделированию ионосферы". Тезисы этой речи сохранились. Вот они.

"В течение двух лет КМИО ИЗМИРАН и ЛПФ КГУ вели совместные работы по теме "Динамическое моделирование ионосферы", сокращённо - ДМИ. Материальное обеспечение этих работ осуществлялось по хоздоговорам КГУ, срок последнего истекает завтра. Отсюда и уместность сегодняшнего подведения итогов.

Напомню, что два года назад перед нами была поставлена актуальная задача ДМИ, продиктованная потребностями в прогнозе условий распространения радиоволн. Нами был затрачен год на разработку постановки задачи моделирования, которая была сформулирована в виде системы нелинейных уравнений в частных производных, описывающих поведение основных ионосферных параметров и допускающих решение только численными методами. С докладами о постановке задачи мы выступали в Москве и в Иркутске, где постановка была одобрена, как наиболее полная и перспективная. В то же время некоторые авторитетные специалисты высказали опасение, что задача такого рода не по силам для отечественных ЭВМ. Мы не согласились с этим и с осени прошлого года начали вычислительные работы на ЭВМ БЭСМ-6 в Институте Физики и Математики Литовской Академии Наук. Что мы имеем в результате этих работ на сегодняшний день?

Общий итог: поставленная перед нами задача выполнена в объёме, значительно превышающем запланированный.

\_\_\_ Что именно сделано?

\_\_\_ Разработана и отлажена программа решения системы моделирующих уравнений. Вот она. (В этом месте я тряс распечаткой программы весьма внушительных размеров.)

Собственно, по плану мы были обязаны сделать только это. Но, проводя аналогию с экспериментальными работами, эту программу можно уподобить уникальному прибору, предназначенному для исследования ионосферы, а какой исследователь удержится от того, чтобы, ещё не доводя прибор до совершенства, не попробовать его в деле, а в нашем случае не провести расчёты различных состояний ионосферы? Мы выполнили очень большое количество таких расчётов, и полученные результаты превзошли все наши ожидания. К сожалению, сегодня, отчитываясь о работе в целом, мы не имеем возможности детально рассказать хотя бы о части этих результатов. Надеемся, что в ближайшем будущем мы представим цикл докладов. Сегодня я ограничусь только перечислением и краткой характеристикой полученных результатов. Итак:

\_\_\_ 1) Разработан метод установления, дающий описание перехода любого ионосферного состояния в стационарное, соответствующее фиксированной нейтральной атмосфере и зенитному углу Солнца.

\_\_\_ 2) Исследована сходимости к стационарному решению в зависимости от шага интегрирования по времени (шаг менялся от 20 сек до 10 мин) и начальных условий.

\_\_\_ 3) Рассчитаны полуденные высотные профили 12-ти основных ионосферных параметров и исследованы их зависимости от выбора

\_\_\_ а) модели нейтральной атмосферы;

\_\_\_ б) потоков солнечного ионизирующего излучения;

\_\_\_ в) сечений поглощения и ионизации атмосферных газов;

\_\_\_ г) температурной зависимости коэффициентов рекомбинации молекулярных ионов различных сортов.

\_\_\_ Результаты расчётов сопоставлены с наблюдениями.

\_\_\_ 4) Исследовано влияние нейтральных ветров на поведение ионосферы в ночные часы.

\_\_\_ 5) Исследовано влияние верхних граничных условий на профили концентрации ионов O<sup>+</sup> и электронной концентрации.

\_\_\_ 6) Проведены расчёты суточной вариации моделируемых ионосферных параметров без учёта и с учётом нейтральных ветров.

\_\_\_ Напомню о той огромной предварительной работе по физическому обоснованию расчётов и программированию, которая была проведена, прежде, чем эти результаты удалось получить; о работе по созданию вспомогательной эмпирической модели распределения электронной концентрации по данным вертикального зондирования, которая произвела очень большое впечатление на одного из руководителей ПГИ профессора Брюнелли; о работе по интерполяции экспериментальных данных в узлы регулярной сетки - всё это также входило в задачи темы.

\_\_\_ Говоря же о главном - о результатах численного моделирования, то осмелюсь заявить, что подобные результаты получены в Советском Союзе впервые: впервые теоретически воссоздана ионосферная ситуация конкретного дня в конкретном месте, и результаты расчёта сопоставлены с результатами наблюдений наиболее информативным методом - методом некогерентного рассеяния в этот же день и в этом же месте (7 апреля 1965 г., Миллстоун Хилл). Разработанная модель спокойной среднеширотной ионосферы даёт согласие с наблюдениями для полуденных равноденственных условий по электронной концентрации в области E - в пределах 30 %, в области F1 и в нижней части области F2 - в пределах 10 %; по электронной и ионной температурам - в пределах 20 %...

\_\_\_ Если сравнивать нашу модель с лучшими имеющимися (СибИЗМИР, Штуббе), то нужно отметить, что учёт ветров в иркутской модели принципиально не позволяет согласовать её с наблюдениями, не говоря уже о том, что она описывает поведение лишь 4-х параметров. Недостатки модели Штуббе уже отмечались нами в предыдущих сообщениях, я не буду их повторять; добавлю только, что у Штуббе в модели отсутствует

область E, а у нас она включена.

— Полученные результаты следует рассматривать как начало исследований. Теперь я перейду к рассмотрению возможностей их продолжения.

— Во-первых, как обычно бывает с только что созданным уникальным несерийным прибором, наша программа во многом ещё очень несовершенна, в ней много всяких временных приспособлений, мы совсем не занимались её оптимизацией. Предстоит полностью модернизировать блок нейтральной атмосферы, так как в сегодняшнем виде он нас не устраивает. Ждут своего разрешения проблемы экономии машинного времени и памяти, вывода и хранения информации и т.д. Всё это составляет направление работ по усовершенствованию программы.

— Второе направление - собственно моделирование спокойной ионосферы, которое предполагает: а) детальный анализ и интерпретацию уже полученных результатов; б) расчёты различных вариантов суточных вариаций, их анализ и интерпретацию; в) моделирование сезонной, годовой, полугодовой, солнечно-циклической вариаций; г) моделирование внешней ионосферы и движений ионосферной плазмы; и т.д. Полный перечень задач здесь невозможно представить, хотя он конечен.

— Третье направление - уже в этом году мы могли приступить к параметрическому моделированию возмущённой ионосферы, в первую очередь, возмущений, вызываемых электрическими полями, затем изменениями нейтрального состава и т.д.

— И, наконец, четвёртое направление - наша заветная мечта - разработка трёхмерной модели, описывающей глобальное поведение возмущённой ионосферы, начинать которую нужно с разработки постановки задачи.

— Субсидирующая наши работы фирма выплатила КГУ за их проведение 200 000 рублей за 2 года. Эти затраты не будут оправданы, если работы по перечисленным направлениям не будут продолжены. Мы не имеем права останавливаться на сделанном, иначе ситуация будет аналогична той, когда построенный завод не пускается в действие. Модель не самоцель, а инструмент исследований, и эти исследования нужно проводить, по ходу дела улучшая сам инструмент (в том числе и с помощью этих исследований). С точки зрения решения научных проблем эти задачи нам, безусловно, по плечу. Сложнее обстоит дело с вопросами организационными. И здесь уместно остановиться на том, как мы работали. Наш коллектив состоит из 11 человек (3 от КМИО и 8 от КГУ).

— Ударная сила группы - это старшие научные сотрудники Латышев, Захаров, Никитин. Латышев - руководитель группы математического обеспечения, внёсший основной вклад в создание программы модели, чем всё сказано. Захаров - создатель программы расчёта параметров нейтральной атмосферы и скоростей фотоионизации. Никитин - специалист по внешней ионосфере, разрабатывает упрощённые варианты моделей, пригодные для расчетов на маломощных ЭВМ. Очень удачно влился в нашу группу эмэнэс Суроткин, самостоятельно решивший несколько задач по разработке отдельных блоков программы. Эмэнэс Намгаладзе Александра Николаевна - специалист по нейтральной атмосфере, наполовину обеспечившая нам согласие с наблюдениями. Эмэнэс Васильева - выполнила гигантскую работу по отбору и обработке данных вертикального зондирования. Посильный вклад внесли в нашу работу выпускники КГУ инженеры Медведев - освоивший метод расчёта профилей электронной концентрации из ионограмм, заинтересовавший своей работой ПГИ, Блик - проявившая героическую работоспособность в Вильнюсе, Бутович и Поцтывая - много помогавшие в программировании.

— Все работали самоотверженно, проявляя исключительную преданность делу, и трудно кого-либо выделять, но я всё-таки особенно отмечу Латышева, Суроткина и Блик - за наиболее полную самоотдачу. Отмечу, что ни один из перечисленных выше не был к началу работ даже знаком с ионосферой, не говоря уже о каком-либо опыте ионосферного моделирования, тогда как в конкурирующих с нами организациях СИБИЗМИР и ИГУ

ионосферой занимаются свыше 30 специалистов-геофизиков, из них больше половины кандидаты наук...

\_\_\_\_\_ Концовка речи отсутствует. Кажется, она была использована потом для составления какой-то докладной против Гострема на имя проректора КГУ по научной работе. В ней шла речь о недостатках в нашей работе, связанных с причинами внутренними, так сказать, зависящими от нас самих, и внешними - зависящими от Гострема. Теперь я пользовался любой возможностью, чтобы публично лягнуть Гострема. Не помню точно, что именно я инкриминировал ему в тот раз, но скорее всего - попытки разъединить нас с Костей, изолировать меня от вычислительных работ. А ведь моё конкретное вмешательство в дела в Вильнюсе сдвинуло их с мёртвой точки, и я считал себя вправе требовать от Гострема себе всей полноты полномочий научного руководителя, хотя Костя не советовал мне поднимать этот вопрос сейчас, в обстановке скорее праздника, чем борьбы. Но особой бузы на этом семинаре не было. Всё прошло в рамках приличий и скорее намёков, чем резких выражений, доминировал звон фанфар...

*(продолжение следует)*

[Главная страница](#) — [Путеводитель по "Запискам рыболова-любителя"](#)